



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

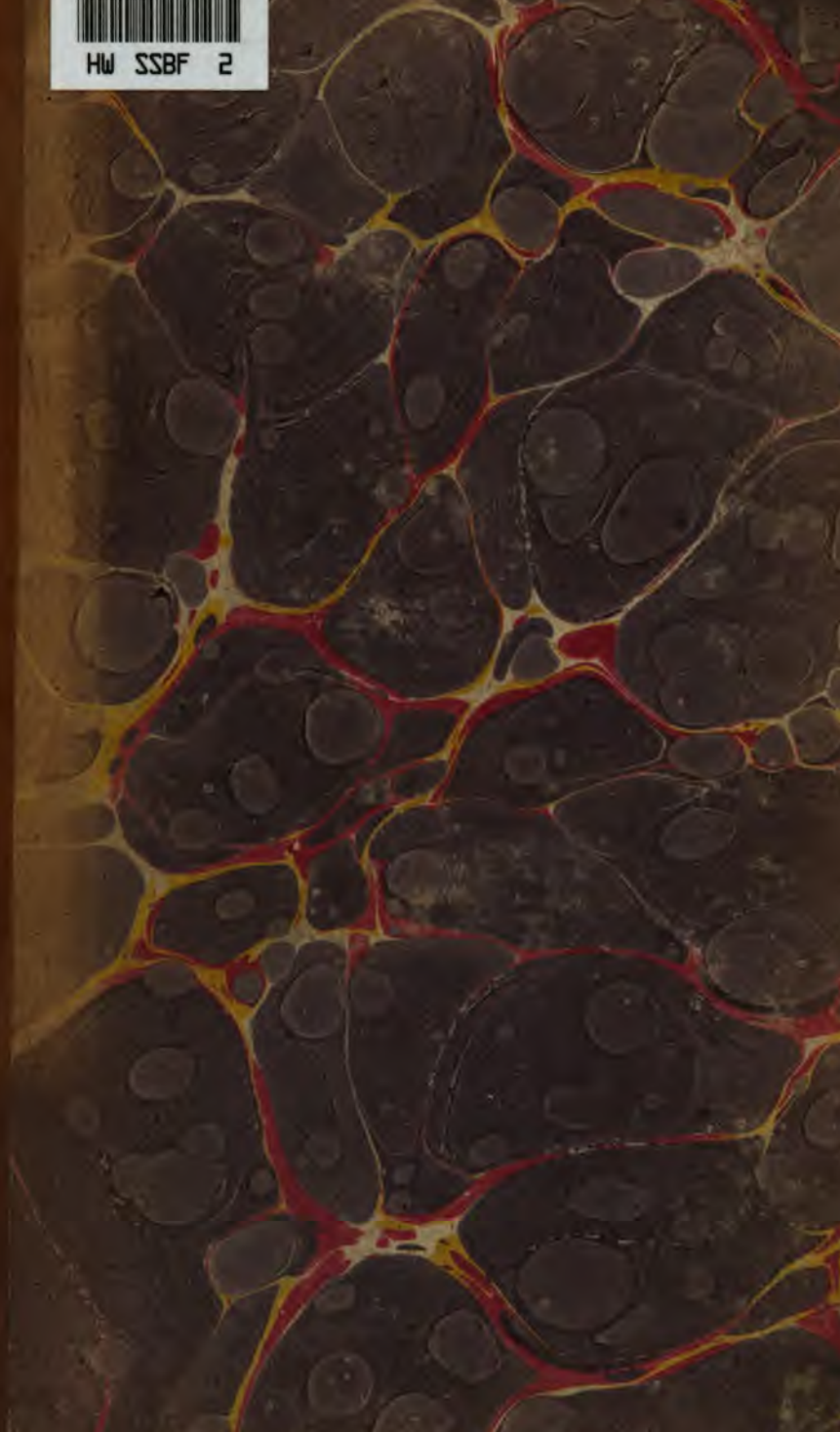
- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



Hw SSBF 2



zm
08
7

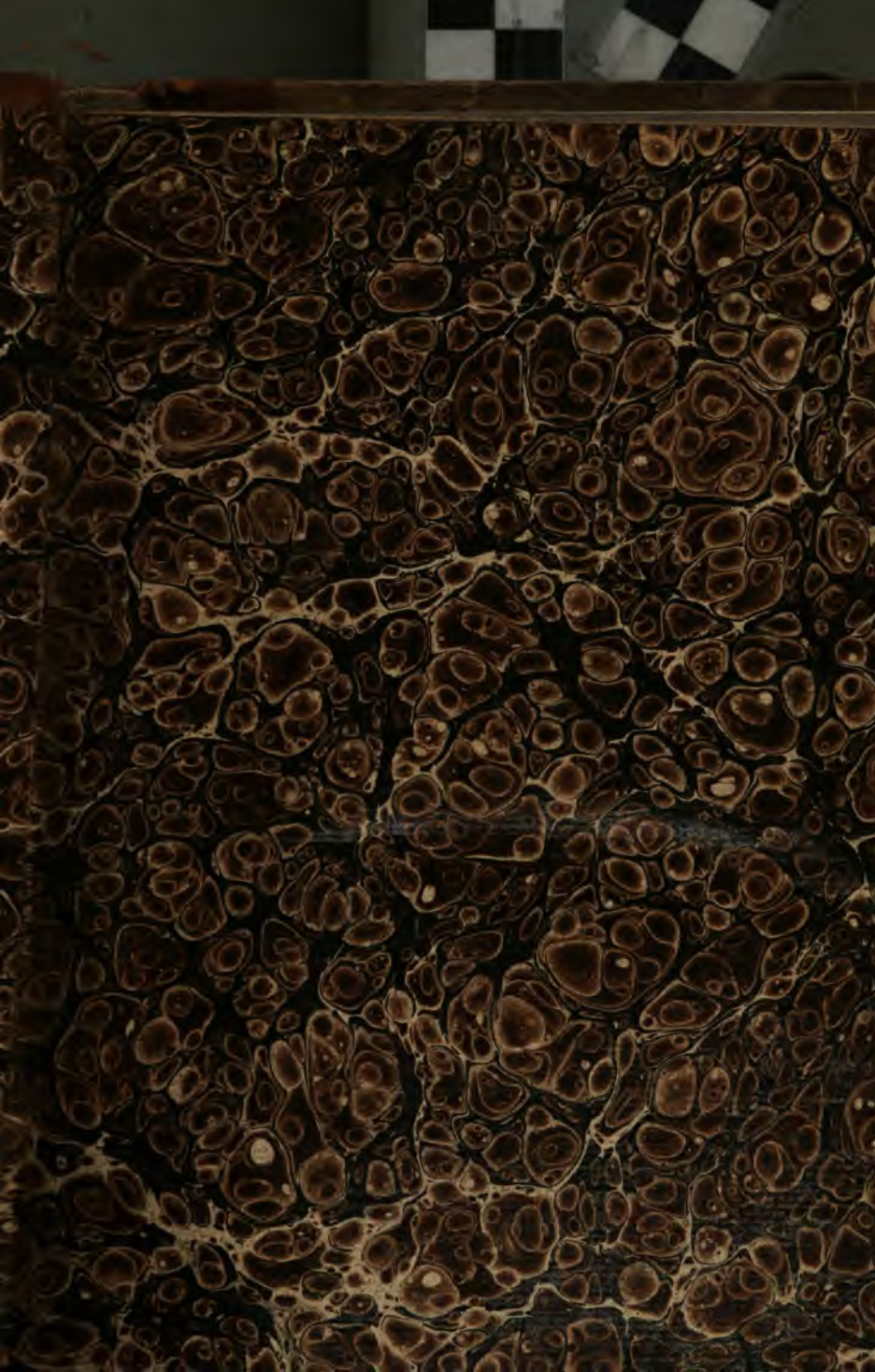
HARVARD COLLEGE LIBRARY



BOUGHT FROM THE INCOME OF THE FUND
BEQUEATHED BY
PETER PAUL FRANCIS DEGRAND
(1787-1855)
OF BOSTON

FOR FRENCH WORKS AND PERIODICALS ON THE EXACT SCIENCES
AND ON CHEMISTRY, ASTRONOMY AND OTHER SCIENCES
APPLIED TO THE ARTS AND TO NAVIGATION



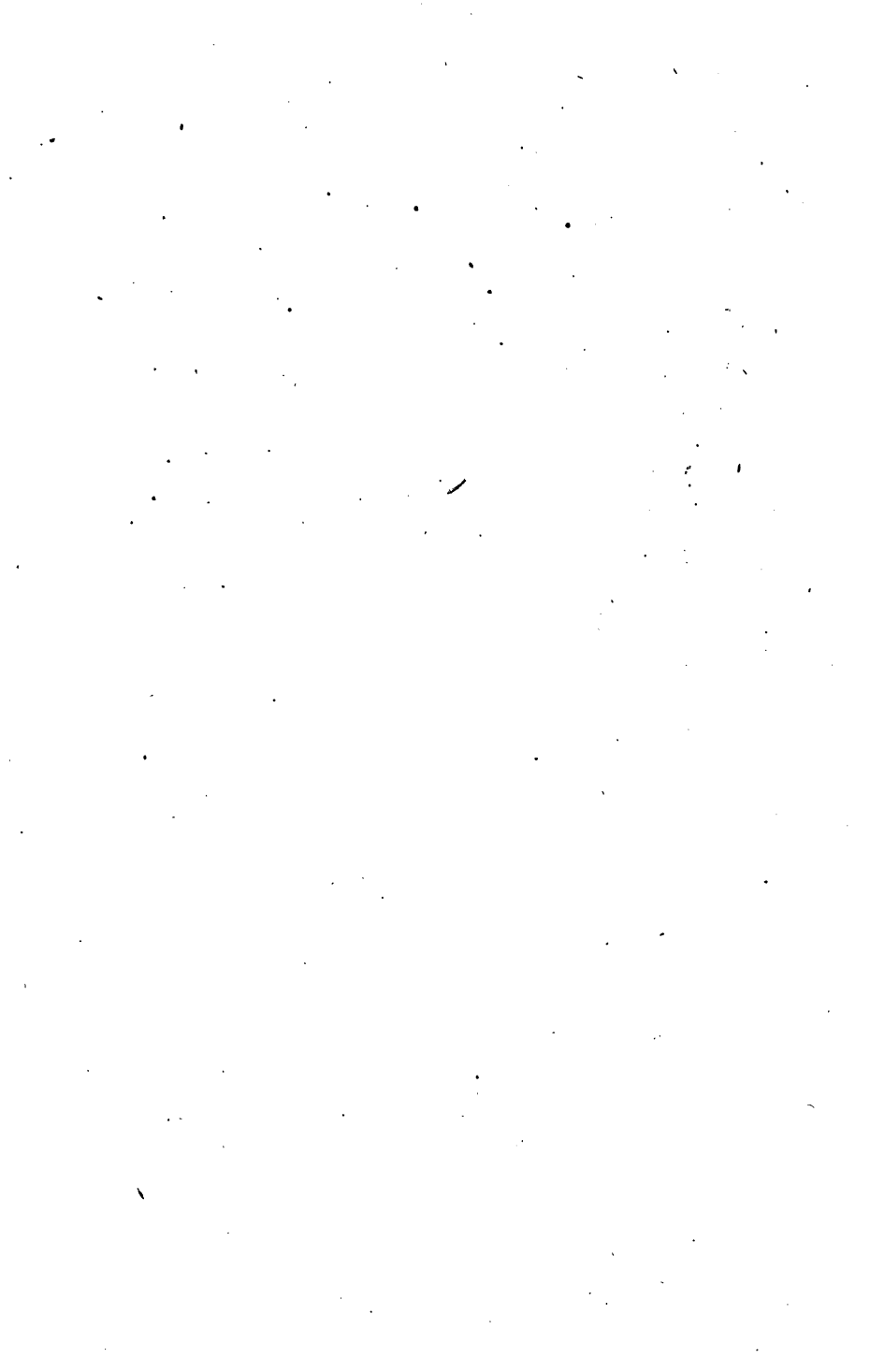


2 vol

2.65

~~82~~
60

34





MANIPULATIONS

CHIMIQUES.

IMPRIMERIE DE H. FOURNIER,

RUE DE SEINE, N^o. 14.

MANIPULATIONS
CHIMIQUES,

PAR FARADAY,

PROFESSEUR DE CHIMIE A L'INSTITUT ROYAL DE LONDRES;

TRADUIT DE L'ANGLAIS

PAR M. MAISEAU,

TRADUCTEUR DE L'ENQUÊTE DU PARLEMENT ANGLAIS SUR L'INDUSTRIE,

ET REVU POUR LA PARTIE TECHNIQUE

PAR M. BUSSY,

PROFESSEUR DE CHIMIE A L'ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS, ETC., ETC.

TOME I.

PARIS.

A. SAUTELET ET C^o, LIBRAIRES,

PLACE DE LA BOURSE.

~~~~~  
M DCCC XXVII

Chem 2008.27



*DeGrand Fund*



---

## AVANT-PROPOS.

---

EN prenant l'engagement de revoir, pour la partie technique, l'ouvrage de M. Faraday, nous ne nous sommes pas dissimulé les difficultés de la tâche que nous nous imposions.

La première sera facilement sentie; elle tient à la traduction elle-même, qui, faite par un homme étranger à la science, bien que très-versé dans la connaissance de la langue anglaise, aurait peut-être exigé un remaniement complet.

La deuxième dépend de la nature de l'ouvrage; l'auteur ayant eu l'intention de faire un livre purement élémentaire et à la portée des personnes les plus étrangères aux manipulations chimiques, a dû nécessairement entrer dans des développemens minutieux, s'exposer à des redites fréquentes, et sacrifier beaucoup à cette obligation qu'il s'était imposée de ne négliger aucun détail. Mais les motifs qui ont pu le déterminer ne sont point applicables au même degré aux Vectors français; en effet, toutes les personnes qui s'occupent en France de l'étude de la chimie,

c'est-à-dire celles auxquelles l'ouvrage est particulièrement destiné, ont en général l'intelligence déjà exercée par l'étude des sciences. La manière dont la chimie est enseignée, l'extension que l'on donne dans les cours à la partie expérimentale, font supposer nécessairement dans ceux qui les ont suivis ces notions préliminaires qui naissent de la simple inspection des appareils, et auxquelles les descriptions les plus détaillées ne sauraient suppléer complètement. Il est par conséquent des choses qui, bien que bonnes en elles-mêmes et très-bien placées dans un ouvrage destiné à certains lecteurs, pourraient n'être pas goûtées par d'autres; et, sous ce rapport, l'on peut justement appliquer aux ouvrages élémentaires ce que l'on a dit des lois, que les meilleures n'étaient pas toujours les plus parfaites, mais celles qui étaient les mieux appropriées aux besoins et au génie des peuples qu'elles étaient appelées à régir.

D'après ces considérations, nous avons cru pouvoir supprimer quelques détails qui n'auraient fait qu'entraver la marche de l'ouvrage sans contribuer à sa clarté, parce qu'ils portent sur des objets généralement connus en France ou d'une utilité purement locale. Toutefois, les suppressions n'ont pas été très-nombreuses, parce que nous tenions à conserver au traité de M. Faraday son originalité et sa destination primitive; nous avons cru convenable aussi d'y ajouter

quelques notes toutes les fois que l'intelligence du texte nous a paru l'exiger, et de placer à la fin un tableau comparatif des diverses mesures anglaises et françaises, afin de mettre les commençans à même d'exécuter avec les instrumens qu'ils ont à leur disposition toutes les opérations indiquées.

Au lieu de réunir, selon l'usage, toutes les figures de l'ouvrage dans une seule planche, nous avons préféré les intercaler dans le texte même, comme on l'a fait pour l'ouvrage anglais, parce que ces figures sont en général peu compliquées, qu'elles n'exigent pas une grande perfection d'exécution, et qu'on les saisit promptement lorsqu'on a sous les yeux le texte, dont elles facilitent elles-mêmes l'intelligence. Cette disposition, lorsqu'elle peut être adoptée, offre de plus le grand avantage d'éviter les longueurs qu'entraîne la nécessité de recourir à chaque instant aux planches, qui sont quelquefois très-éloignées du passage auquel elles ont rapport.

Cet ouvrage, fruit de l'expérience de l'un des chimistes les plus distingués de la Grande-Bretagne, dont le nom est associé dans plusieurs recherches à celui de sir Hamprhy Davy, sera nécessairement d'un grand secours pour ceux qui commencent l'étude de la chimie, puisqu'il est destiné à suppléer à l'expérience qui leur manque, et pour ceux qui, possédant déjà

les principes de cette science, voudraient se livrer aux recherches expérimentales qu'elle nécessite.

Il appartenait à un chimiste qui joint à la réputation d'un savant du premier ordre celle d'un manipulateur très-habile, de tracer aux commençans la route qu'ils doivent suivre dès leur entrée dans la carrière, en appuyant ses préceptes du poids de ses expériences et de l'autorité de son nom.

Il serait à désirer que de semblables exemples trouvassent beaucoup d'imitateurs, et que l'on fit pour tous les arts, au moins pour ceux qui ne sont que de simples applications des sciences, ce que M. Faraday vient d'entreprendre pour la partie manuelle de la chimie. L'avantage qui en résulterait serait particulièrement utile pour notre pays, que l'on accuse, non sans quelque apparence de raison, de ne posséder que très-peu d'ouvriers habiles, tandis qu'il compte des savans en grand nombre, et qu'il s'est acquis dans plusieurs branches des sciences une supériorité qu'on ne lui conteste plus.

A. B.

---



---

## INTRODUCTION.

---

LA chimie est une science essentiellement expérimentale, car les faits étant à la fois la base de ses résultats et la démonstration de ses principes, c'est à eux qu'il est constamment nécessaire d'en appeler; cependant telle est la parcimonie avec laquelle la nature nous fournit d'elle-même ces éléments indispensables de conviction, que si les phénomènes naturels devaient servir de limites à nos recherches, les connaissances qui en résulteraient seraient nécessairement très-bornées et fort incertaines. Pour suppléer à cette insuffisance, l'expérience a créé de nouveaux faits que l'adresse et la sagacité du chimiste ont su varier et multiplier. Si, pour déterminer les différentes formes que peut affecter la matière inerte, les diverses influences qui la modifient et les différentes propriétés qu'elle possède, la chimie se fût contentée d'observer les seuls phénomènes que la nature nous présente, elle n'aurait fait, pour ainsi dire, que constater cet état de choses voisin de l'inertie, qui n'est que le résultat de l'action réciproque des

différentes forces inhérentes à la matière, et le chimiste n'aurait eu que très-peu d'occasions d'observer les substances jouissant de toute l'énergie de leurs propriétés, et dans la manifestation actuelle des pouvoirs qui leur sont propres; mais lors même que ces effets se présenteraient accidentellement à ses yeux, la complication des phénomènes et leur rareté ne lui permettraient pas d'en tirer des conséquences exactes.

De là naît l'importance et la nécessité d'employer tous les moyens qui sont en notre pouvoir, pour multiplier les faits, lorsque nous nous livrons à l'étude de cette science. Combien, par exemple, serait petite la somme de nos connaissances, si, lorsque nous désirons approfondir aussi bien que possible la nature d'une substance prise au hasard sur la surface de la terre, nous nous bornions à l'observation de cette substance dans son état naturel! Peut-être pourrions-nous aller jusqu'à décider que l'air ne l'affecte point; que la lumière ne la détériore point d'une manière sensible; que la pluie ou la rosée ne la dissolvent point; qu'elle n'est point visiblement altérée par les vicissitudes des saisons, et qu'elle est sans action sur le sol qui la supporte. Peut-être aussi parviendrions-nous à déterminer quelques autres points relatifs à sa nature; mais que sont ces

faibles notions comparées aux connaissances qu'on peut obtenir en soumettant cette substance à une température élevée, soit seule, soit en contact avec d'autres substances? en faisant réagir sur elle divers dissolvans, et en la traitant par tous les moyens que l'art et l'expérience peuvent nous suggérer? Quelque inattaquable qu'elle nous parût d'abord, elle peut maintenant changer d'aspect, céder de nouvelles substances, entrer dans de nouvelles combinaisons, et au lieu d'offrir une masse inerte, telle qu'on aurait pu la soupçonner, devenir un agent puissant et énergique, susceptible d'être approprié aux besoins de la vie sociale.

Tels sont les avantages de l'expérience. On peut, sans exagérer, avancer que les neuf dixièmes des faits sur lesquels la chimie repose sont dus à l'art; et sans la masse de lumières que la main de l'homme en a fait jaillir, cette science n'existerait pas; car, bien qu'elle ne soit point uniquement composée d'expériences, elle repose essentiellement sur leurs résultats : bien différente, en cela, de l'astronomie, de la botanique, de la zoologie, et des autres sciences qui ont pour objet les apparences et les phénomènes que présentent les corps dans leur état naturel. De là naît aussi le principal attrait qu'elle offre à ceux qui la pratiquent.

Ces considérations suffiraient pour démontrer la nécessité des expériences, et si l'on y joint la grande influence qu'elles exercent sur les différens corps pour en modifier les propriétés, pour les faire servir à nos besoins ou à nos plaisirs, on concevra facilement les motifs qui nous ont déterminé à publier ce livre, qui doit faciliter aux étudiants en chimie le moyen de se livrer à la pratique de cette science.

Les expériences ont deux buts principaux : celui d'agrandir la sphère des connaissances actuelles, ou de constater les résultats obtenus antérieurement. Dans l'un et dans l'autre cas, elles sont indispensablement nécessaires aux progrès des découvertes chimiques. Il y a deux choses à considérer dans toute expérience : d'abord la manière dont elle doit être disposée, les agens que l'on doit employer, les effets qu'on peut en attendre ; secondement l'exécution même de l'expérience.

La manière de concevoir une expérience et d'en tirer des conséquences, étant une affaire purement d'intelligence, il ne reste plus que l'exécution elle-même, que l'on peut convenablement désigner sous le nom de *manipulation*.

Quoique la manipulation soit souvent regardée comme un objet secondaire, elle n'en est pas

moins d'une haute importance dans les sciences expérimentales, et plus spécialement encore en chimie. Celui, en effet, qui ne pourrait que concevoir sans connaître les moyens d'opérer, se trouverait dans l'impossibilité d'étendre ses connaissances, ou de leur donner un but utile. Toutes les fois qu'il se présente à l'esprit un doute qui peut être levé plus facilement à l'aide d'une expérience que par tout autre moyen, le philosophe ne peut qu'ajouter le plus grand prix à ce qui le met à même de faire cette expérience de la manière la plus simple, la plus rapide et la plus exacte. Cette voie est pour lui ce que les sens sont à l'esprit; c'est-à-dire un agent qui lui révèle des choses jusqu'alors inaperçues, et dont l'utilité se fait sentir dans tous les instans.

Il est beaucoup d'expériences, et même de séries entières de recherches, dont le succès dépend essentiellement de la manipulation. Tel est particulièrement le cas lorsque l'on fait des analyses d'après des procédés connus : le mérite du résultat dépend alors uniquement de l'adresse du manipulateur, comme dans l'analyse des pierres siliceuses, calcaires et alumineuses, et des substances organiques par les moyens indiqués dans les ouvrages de chimie, dans la préparation des produits chimiques, enfin dans l'analyse du mélange d'un

certain nombre de gaz, problème qui se présente fréquemment en chimie.

Ainsi, par une manipulation sûre et facile, on obtient un avantage indépendant de ceux qui tiennent à la connaissance des principes de la science; il est tel que de deux personnes également instruites et intelligentes, celle qui manipulera le mieux acquerra sur l'autre une supériorité marquée; car, tandis que l'expérience fournira à la première des résultats positifs, la seconde restera en proie à ses doutes, ou sera égarée par l'insuffisance de ses théories. Un exemple vulgaire pourra venir à l'appui de ce que nous avançons. Le briquet pneumatique est, comme l'on sait, un petit instrument consistant en un cylindre d'un demi-pouce de diamètre, et de trois ou quatre pouces de longueur, fermé à l'un de ses bouts, et dans lequel se meut un piston portant à son extrémité un morceau d'amadou : enfonçant le piston de manière à comprimer l'air brusquement, il en résulte assez de chaleur pour allumer l'amadou. Il est des personnes qui ne peuvent faire réussir cette simple expérience, quelle que soit la force et la promptitude avec lesquelles elles agissent, tandis que d'autres obtiennent toujours l'effet désiré, et produisent l'ignition avec peu de force et par le simple rapprochement

de leurs mains. Supposons maintenant que ceci soit une expérience nouvelle, dont le but est de savoir si l'air fortement comprimé produit ou non beaucoup de chaleur. Des deux personnes dont nous venons de parler, la première, si elle tire une conséquence de son expérience, n'en pourra tirer qu'une conséquence erronée; tandis que l'autre pourra arriver à une conclusion exacte et positive, et ajoutera ainsi un fait important à la somme de ses connaissances.

Dans d'autres cas, lorsqu'il s'agit de phénomènes qu'il était impossible de prévoir, et qu'on ne peut pas toujours reproduire, comme dans l'étude d'une substance inconnue ou de son action sur d'autres corps, l'on sentira toute l'importance de la précision et de l'exactitude dans la manipulation; sans cela, les résultats obtenus peuvent être occasionés ou modifiés par la présence de substances étrangères, ou par d'autres causes qui échappent à l'opérateur, et l'on serait exposé à ne déduire que des fausses conséquences; lorsqu'il serait d'autant plus essentiel d'en obtenir d'exactes, que le sujet étant nouveau, offre ordinairement peu de rapports avec nos connaissances antérieures, et que celles-ci nous sont d'un faible secours pour rectifier l'erreur. Les commençans ne sont pas les seuls qui soient exposés à se laisser

induire en erreur, car il serait facile de citer beaucoup de circonstances dans lesquelles les hommes les plus exercés se sont laissé entraîner à de fausses conclusions.

Une manipulation adroitement exécutée produit un autre avantage, c'est de donner souvent à nos recherches une direction nouvelle, et cela de deux manières. Premièrement, la manifestation de phénomènes clairs et distincts conduit non-seulement au résultat exact que l'on cherche, mais très-souvent encore elle suggère des idées imprévues, qui, poursuivies et étendues, peuvent amener une nouvelle série de notions et de découvertes; tandis que si l'expérience, suffisante pour résoudre les doutes que l'on cherche à lever, est cependant dépourvue d'un certain degré de précision, là se borne le résultat, et il n'en sort aucune nouvelle lumière.

En second lieu, il est possible que les essais ne puissent être exécutés que sur des quantités minimes, et ce qui dans les mains de telle personne suffirait à peine pour donner une connaissance générale de la nature d'une substance, peut dans celles d'une autre produire les résultats les plus complets et les plus minutieux, aussi parfaits que ceux qu'on obtiendrait à l'aide des quantités les plus considérables. On trouve de nombreuses



preuves de l'avantage de savoir opérer sur de petites quantités, dans les occasions où l'on est obligé de rechercher la présence de l'arsenic dans les cas d'empoisonnement; car il est des personnes qui, en opérant sur une fraction de grain, obtiendront les preuves les plus convaincantes, tandis que plusieurs grains ne suffiront point à quelques autres pour arriver à une conclusion positive.

Lorsque la substance soumise à l'examen est précieuse, ce qui arrive fréquemment, la facilité d'opérer sur de petites quantités devient de la plus haute importance, attendu que ceux qui ne la possèdent point sont exposés à perdre tout-à-fait l'occasion d'acquérir de nouvelles connaissances, ou ne le font qu'en se soumettant à de grandes dépenses. Il existait dans le Museum Britannique un petit fragment d'une pierre noire, dont l'origine et l'histoire étaient inconnues; ce fragment était l'unique que possédât le Museum, et l'on ignorait même qu'il en existât ailleurs. Cependant, comme cette pierre présentait des caractères particuliers, M. Hatchett désira l'examiner, et opérant sur une portion de la pierre, qui ne pesait pas plus de deux cents grains, il put y découvrir un nouveau métal qu'il distingua de tous ceux connus, par les différens caractères qui lui étaient

propres, et qu'il nomma columbium. Ekeberg découvrit plus tard un métal qu'il appela tantalum, croyant être le premier qui l'eût observé et signalé; mais le docteur Wollaston, l'ayant examiné et comparé avec le columbium, put reconnaître qu'il y avait identité, quoique ce savant ne pût obtenir du Museum que cinq grains de la pierre pour faire son expérience.

Enfin, il n'est point de circonstances dans lesquelles une manipulation sûre et facile ne favorise éminemment les recherches expérimentales. Ce n'est pas seulement dans les recherches difficiles qu'on doit désirer apporter de l'exactitude, il faut le faire encore dans les opérations les plus simples; comme lorsqu'il s'agit de reconnaître la présence de la chaux, du fer ou de l'acide sulfurique. En effet, l'habileté du manipulateur économise le temps, diminue le nombre des appareils, supplée à ceux qui manquent; tout en facilitant les recherches, elle les rend moins dispendieuses, et force l'esprit à contracter peu à peu des habitudes d'ordre et d'économie. « Rien, observe le docteur Johnson, de ce qui peut porter l'homme à la prévoyance et à la circonspection, ne doit être considéré comme futile. La même habileté, et souvent le même degré de génie, se manifestent dans les petites comme dans les grandes choses. »

Durant le cours de nos expériences, comme professeur de chimie à l'Institut royal, nous avons senti combien est importante l'instruction pratique de la chimie; et c'est l'insuffisance actuelle des moyens nécessaires pour procurer cette instruction, qui nous a fait penser que nous pourrions rendre un service réel, en réunissant en un seul ouvrage toutes les notions éparses sur ce sujet. Il n'existe point de livre qui contienne ces instructions de détail que l'état actuel de la science rend nécessaires; l'enseignement oral est d'ailleurs également insuffisant pour donner cette perfection de manipulation, qui ne peut s'acquérir que par une pratique continue; mais il y a, même en fait de manipulation, tant de choses qui peuvent être enseignées, qu'il paraît extraordinaire qu'aucun des nombreux traités qui existent sur la chimie n'ait été consacré à cet objet (1), surtout lorsqu'on réfléchit que parmi cette multitude de personnes qui désirent acquérir, ou qui sont sensées avoir acquis quelque connaissance en chimie, il en est si peu qui puissent participer à l'instruction pratique. Nous regardons les *Éléments de chimie*

(1) Ce reproche n'est point applicable à la plupart des ouvrages de chimie publiés en France, qui contiennent presque tous beaucoup de détails de manipulation; nous pourrions citer, par exemple, le traité de M. Thénard, dans lequel un volume tout entier est consacré aux procédés d'analyse, indépendamment des diverses opérations décrites dans le cours de l'ouvrage.

de Lavoisier comme le traité qui contient les meilleures instructions générales; néanmoins, tous les élèves qui l'ont consulté ont trouvé qu'il était loin de suffire à leurs besoins.

Telles sont les considérations qui ont donné lieu à cet ouvrage, et l'influence sous laquelle il a été composé. Son objet est de faciliter aux jeunes chimistes la connaissance de la manipulation, et, par conséquent, de hâter leurs progrès dans la science elle-même. Nous ne prétendons point inculquer les *principes* de la science, mais bien la *pratique*; et quoiqu'il puisse, quelquefois, devenir nécessaire de parler de la propriété des corps, et d'en déduire des conséquences, ce sera toujours d'une manière subordonnée à l'objet principal de notre travail. Ce livre n'est destiné à remplacer aucun des nombreux ouvrages qui existent aujourd'hui sur la chimie, mais uniquement à former un complément utile pour chacun d'eux, en procurant cette portion de connaissances qui, bien qu'indispensable à ceux qui étudient, n'était cependant pas susceptible de trouver place dans des ouvrages purement scientifiques.

Nous ferons connaître la meilleure distribution d'un laboratoire et de ses accessoires; les appareils chimiques et leurs usages; les différens modes d'exécution; les facilités qui résultent de la pra-

tique, et les causes qui font manquer ou réussir les expériences.

Quoique nous nous proposons de décrire tout ce qui compose un laboratoire complet, et pourvu de tous les appareils qui sont à notre connaissance, nous chercherons néanmoins à mettre le praticien à même d'exécuter toutes les opérations avec les instrumens les plus simples, et en plus petit nombre possible; car, bien que beaucoup de personnes puissent désirer connaître tout ce qui est utile, il est bien plus nécessaire encore de connaître les objets qui sont indispensables. Il ne conviendrait pas sans doute d'omettre la description d'un laboratoire complet, dans un ouvrage consacré aux expériences chimiques, mais ce serait une omission bien plus impardonnable de ne pas faire connaître de combien d'objets on peut se passer au besoin. Nous exposerons d'abord les principes généraux d'après lesquels un appareil doit être construit, afin de fournir à l'étudiant la facilité de *substituer promptement* un objet à un autre, et de lui apprendre par quels *moyens* le praticien peut y suppléer en cas d'urgence; dans ce but nous indiquerons et décrirons, aussi souvent que cela sera possible, les appareils d'une petite dimension, d'un usage temporaire et de l'utilité la plus générale.

Nous ne prétendons entrer dans la description d'aucun procédé particulier, quoiqu'il puisse être quelquefois nécessaire de nous arrêter sur quelques-uns. L'objet principal de cet ouvrage étant d'enseigner la chimie de *recherches*, et non la chimie *des arts*, bien que cependant les principes généraux de manipulation puissent y être applicables dans beaucoup de circonstances.

Quoique nous ayons écrit principalement pour les commençans, nous n'avons pas cru devoir nous interdire aucun des détails capables de faciliter les expériences, quoique souvent ils aient rapport à des questions d'un ordre élevé.

Enfin, on remarquera que cet ouvrage est destiné à un pays où l'on peut se procurer par le commerce le plus grand nombre des instrumens et objets nécessaires. Bien que l'arrangement adopté n'ait aucun caractère scientifique, et qu'il ait été établi uniquement pour la commodité du lecteur, il n'a point été adopté sans y avoir mûrement réfléchi. L'on a préféré l'ordre dans lequel se trouvent réunis les procédés qui ont le plus d'analogie entre eux. En conséquence on a distribué l'ouvrage en sections ou divisions principales. Toutefois, on ne s'est point toujours strictement astreint à l'objet spécial de chacune d'elles, et l'on a jugé quelquefois convenable d'y faire entrer des

instructions relatives à d'autres points, qui n'ont qu'un rapport éloigné avec l'objet principal. La distribution des matières ne présentera probablement pas de grandes difficultés aux personnes qui le liront pour leur instruction, d'autant plus qu'elles seront aidées par un index assez étendu.

Tel est le but de cet ouvrage, et les moyens par lesquels on a essayé de l'atteindre. Sans doute il n'est point exempt de fautes; il serait difficile qu'il en fût autrement, car il est le fruit de l'expérience d'un seul. Plusieurs des procédés que nous donnons pourront être les mêmes que ceux de beaucoup de chimistes, et même paraître incomplets, relativement aux perfectionnemens que la pratique aura pu leur enseigner. Les acquisitions de ce genre, faites par tel ou tel chimiste, tiennent à la nature particulière des recherches auxquelles il s'est livré; et comme il n'en est que fort peu qui aient le pouvoir de parcourir toutes les branches de cette vaste science, on ne peut s'attendre à ce que chacun possède la connaissance parfaite de tous les procédés qui appartiennent aux différentes parties de la chimie expérimentale. Nous nous sommes attachés à ce que les omissions de quelque importance fussent aussi rares que possible.

Quant à l'utilité que l'élève qui consultera cet

ouvrage peut en espérer, il doit se persuader que lors même qu'il serait parfait, il ne pourrait encore que lui tracer les méthodes à mettre en pratique, mais aidé par les principes de la science exposés dans les autres ouvrages, et les indications expérimentales que celui-ci renferme, ce sera à lui de perfectionner ses connaissances par l'étude et le travail de ses propres mains.

---



# MANIPULATIONS

## CHIMIQUES.

---

### SECTION PREMIÈRE.

#### *Le laboratoire.*

1. Puisque le laboratoire est un lieu dans lequel le chimiste doit passer une grande partie de son temps, il est naturel que son attention se dirige d'abord vers l'arrangement de cette pièce. Comme elle doit être disposée pour faire des expériences chimiques, la commodité qu'elle offrira à l'opérateur facilitera singulièrement ses recherches, et aura une grande influence sur les résultats qui doivent servir de base à ses opinions.

Il est toutefois aussi curieux qu'instructif d'indiquer les divers points de vue sous lesquels les chimistes ont envisagé les objets essentiels ou accessoires du laboratoire. Quelques-uns pensent que pour approcher de la perfection, ce lieu doit consister en une vaste pièce au rez-de-chaussée, garnie d'un grand nombre de tables, d'armoires, de fourneaux, et de divers autres objets. Cette première chambre devrait être, selon eux, contiguë à une autre, exempte d'humidité, commode, et disposée pour recevoir la balance, la machine pneumatique, et d'autres appareils semblables. Enfin, une troisième chambre qui pourrait être une cuisine, un

cellier, serait destinée à contenir les fourneaux mobiles, les briques, les tuiles, le sable, et les gros matériaux dont on peut avoir besoin. D'autres se contenteraient d'une armoire, et croiraient ce meuble suffisant pour contenir tout ce qui est rigoureusement nécessaire à leurs opérations. Cette variété d'opinions tient à la différence du genre d'opérations de ces personnes. Celles qui étudient la chimie dans des expériences d'une proportion microscopique, plutôt pour reconnaître les propriétés des corps que pour déterminer d'une manière certaine leurs proportions relatives, peuvent croire qu'une simple armoire suffira à l'objet qu'ils se proposent, et penseront même qu'une seule tablette pourra contenir tous leurs ustensiles, tandis qu'un laboratoire complet est nécessaire à une personne qui s'occupe de recherches métallurgiques, d'expériences en grand sur les gaz, ou d'application de la chimie aux arts. Une partie de cette dissidence dans les opinions est purement fondée sur le goût et les inclinations; et ceux qui aiment la science et peuvent la cultiver libéralement ne croiront probablement pas qu'une cuisine humide, ou une petite chambre, puisse suffire à leurs besoins. C'est ainsi que feu D. Marcet, lorsqu'il prit, sur les bords du lac de Genève, une maison qu'il a malheureusement occupée trop peu de temps, avait disposé une de ses plus belles pièces pour en faire un laboratoire; ne voyant pas pourquoi, comme il le disait lui-même, il n'embellirait pas un endroit où il goûtait tant de plaisir.

Lorsque le laboratoire est attaché à une institution publique, ou qu'il est destiné à l'enseignement et à l'avancement de la science, et à faciliter les recherches de deux ou trois personnes en même temps, il doit né-

cessairement être d'une grande étendue, pour contenir tous les appareils, les divers produits, offrir enfin toutes les commodités désirables pour une grande variété de recherches et de vastes opérations.

Le laboratoire peut donc, selon les circonstances, être de dimensions différentes. Il est toutefois convenable, dans un ouvrage destiné comme celui-ci à l'instruction des personnes entièrement étrangères à la science, de donner avec détail la description d'un laboratoire bien entendu, et de tous les appareils.

2. Il est généralement bien que la pièce que l'on veut disposer ou construire pour un laboratoire soit au rez-de-chaussée; car alors l'eau peut y être facilement apportée, et l'eau sale plus promptement enlevée. On peut aussi y amener plus aisément le charbon de terre et de bois, et les autres gros objets. La grandeur de la pièce, comme nous l'avons dit, peut beaucoup varier, mais il suffit en général qu'elle soit de vingt à vingt-quatre pieds de long, sur seize à dix-huit de large. Cependant, lorsqu'on peut le faire sans inconvénient, il vaut toujours mieux choisir un local spacieux, surtout si le laboratoire doit servir journellement; car lorsque les appareils s'accumulent et que plusieurs expériences se poursuivent en même temps, il peut résulter de la seule petitesse de l'endroit, une grande confusion et des erreurs.

3. Lorsqu'on fait construire un laboratoire on n'éprouve aucune difficulté dans la disposition des jours et des cheminées. Il n'en est pas de même lorsqu'on se sert d'une chambre qui a été employée à d'autres usages; cependant la place et l'arrangement de ces deux choses sont de la dernière importance. Quand on le peut, il est convenable d'établir dans le laboratoire

plusieurs conduits de cheminée dont les bouches ou ouvreaux soient à quelque distance les unes des autres. On peut placer ces ouvreaux le long d'un mur, et les faire aboutir tous dans un conduit principal.

Un de ces conduits est nécessaire au tirage du fourneau qu'on allume journellement pour les opérations ordinaires, pour la ventilation, et pour le chauffage du laboratoire. Il faudra un second conduit si l'on construit un fourneau à vent; plusieurs autres enfin seront utiles pour le passage des vapeurs, ou pour recevoir l'extrémité des tuyaux mobiles qu'on place ordinairement sur les fourneaux portatifs. L'ouverture inférieure de ces diverses cheminées peut être pratiquée dans une pierre incrustée dans le mur, et présentant un orifice circulaire. Il faut avoir soin de tenir bouchés les ouvreaux dont on ne se sert pas.

Dans tous les cas ces cheminées doivent être toutes munies d'un registre, afin qu'on puisse régler le tirage.

Si cependant le lieu ne permettait de construire qu'une seule cheminée, il faudrait, pour en tirer le meilleur parti possible, qu'elle fût divisée inférieurement en deux ou trois petits foyers séparés, en briques, et surmontés chacun d'un tuyau évasé en forme d'entonnoir, ou bien on serait obligé de remplacer les appareils qui exigent un tirage par ceux que nous décrirons plus tard. Un foyer communiquant avec une cheminée en briques est toujours préférable à un simple tuyau évasé par le bas.

4. Il importe peu qu'un laboratoire soit éclairé par des lanternes (1) ou des fenêtres latérales; mais il est fort important qu'il soit bien éclairé. Les lanternes

(1) Jours pratiqués dans la partie supérieure de la pièce.

éclairaient très-bien les bains de sable et les fourneaux, et sont on ne peut plus commodes pour les opérations des creusets, en ce que la lumière plonge dans les vaisseaux. Mais on doit toujours ménager un jour latéral, pour observer plus commodément l'action des réactifs. En effet, si l'on fait des essais par la voie humide, c'est-à-dire en se servant de substances en dissolution, et qu'on n'obtienne qu'un léger trouble, qu'une opalescence à peine sensible, on l'observera beaucoup mieux et d'une manière bien plus concluante en faisant l'expérience près d'une croisée. Il est un autre point relatif à l'introduction de la lumière dans un laboratoire, qui, dans l'état actuel de la science chimique, mérite de fixer l'attention : on a trouvé que les rayons du soleil exerçaient une grande influence dans les changements chimiques. Ils produisent des combinaisons et des décompositions que nul autre agent ne pourrait effectuer ; ils sont maintenant fréquemment utilisés, non-seulement dans la préparation de substances particulières, comme le gaz phosgène (1), le chlorure de carbone, etc., mais encore dans les procédés d'analyses où le chlore est employé comme agent, et dans de nouvelles recherches expérimentales. C'est pourquoi il serait bon de construire le laboratoire de manière à ce qu'il reçût directement la lumière du soleil, ce qui est d'autant plus à désirer que toutes les fois qu'on pourra l'obtenir les chimistes essaieront plus fréquemment la puissance chimique de cet agent particulier, jusqu'à présent trop peu étudiée, ce qui probablement ne tarderait pas à augmenter la somme très-limitée des connaissances que nous possédons sur ce sujet.

(1) Gaz chloroxl-carbonique de monsieur Thénard.

5. La manière d'éclairer un laboratoire se lie intimement à celle de le ventiler, et il faut constamment avoir sous les yeux la nécessité où l'on est souvent de renouveler l'air avec rapidité. Car, bien qu'on puisse beaucoup obtenir des cheminées et des courans d'air, il est cependant impossible d'empêcher que l'air du laboratoire ne soit quelquefois vicié par des gaz ou des vapeurs délétères qui nécessitent un renouvellement d'air immédiat et total.

6. Il y a dans un laboratoire plusieurs gros ustensiles de première utilité, qui peuvent être regardés comme fixés à demeure, et qui exigent dans leur arrangement une grande attention à cause de leur immobilité. De ce genre sont, le fourneau principal, les tables, l'évier, les armoires, les tablettes, etc. Le premier de ces objets, le fourneau, est très-important à cause de la facilité extrême qu'il donne à toutes les opérations ordinaires, lorsqu'il est convenablement construit et disposé; son usage est à la fois domestique et chimique, car il doit servir à échauffer et aérer la pièce, chauffer de l'eau en cas de besoin, faire rougir un creuset, et procurer, par le secours d'un bain de sable une haute température pour les vases de verre. On obtient ces résultats avec des fourneaux dont le foyer est construit en briques, garni en fer, et dont la cheminée se prolonge d'abord de trois ou quatre pieds horizontalement; puis est ensuite réunie à la cheminée principale, pratiquée dans le mur. Le foyer et le courant horizontal sont couverts d'une plaque de fonte de deux ou trois pieds de largeur. Au milieu, et au-dessus de la partie échauffée, se trouvent les bains de sable: l'un, rond et mobile, au-dessus du feu; l'autre, fixe et d'une forme allongée, suivant la direction du courant. Les

bains de sable fournissent tous les degrés de chaleur, depuis le rouge brun, s'il le faut, jusqu'à une température de 100° ou au-dessous; de chaque côté de ces bains est une surface unie, qui sert en tout à l'usage d'une table commune, et qui donne des facilités extraordinaires pour les expériences qu'on fait sur le bain de sable ou le fourneau. On obtient tous ces avantages sans sacrifier une portion considérable de la chaleur du fourneau; car il est aisé de le construire de manière à rendre la combustion aussi lente que celle d'un feu ordinaire, mais de telle sorte qu'en fermant seulement la porte du fourneau, et en ouvrant le cendrier, on puisse élever assez la température pour fondre l'or, l'argent, ou la fonte.

L'endroit le plus convenable pour placer un pareil fourneau serait le milieu, ou l'un des bouts du laboratoire isolé du mur; car, de cette manière, il chauffe mieux la pièce, et il reste assez de place pour travailler à l'entour. Le courant peut alors descendre au-dessous du plancher, où on peut le joindre par un tuyau en entonnoir, avec le courant supérieur de la cheminée. A défaut d'espace, ou pour d'autres raisons, on peut le placer contre le mur; si l'on établissait un laboratoire dans une chambre antérieurement bâtie, il conviendrait de le fixer près la cheminée: alors le courant du fourneau est aisément réuni avec la cheminée qui existe.

7. Quand un fourneau semblable est placé contre le mur, il est souvent avantageux de bâtir une hotte en bois sur le bain de sable, pour recevoir les vapeurs qui se dégagent pendant les expériences, et pour les conduire à la cheminée. Cependant une grande hotte exige un courant séparé, sans cela elle nuirait au tirage du

fourneau ; et, s'il se trouve dans le milieu du laboratoire, une hotte fixe, de quelque espèce qu'elle fût, empêcherait de s'en servir utilement : il vaut mieux, dans ce cas, adopter une hotte mobile, en ayant recours aux moyens que nous décrirons plus tard. Nous donnerons aussi dans le chapitre *Fourneaux* une description particulière de leur construction.

8. Les tables sont des meubles fort essentiels dans un laboratoire ; elles devront être aussi grandes que la pièce le permettra, et d'un accès facile. C'est pour cette raison qu'il est très utile d'en faire placer une ou deux grandes vers le milieu de la pièce ; plus elles sont éclairées, plus elles sont utiles. Elles devront être fortes et garnies de tiroirs, à moins que l'une d'elles ne soit à portes, de manière à former des armoires ayant des tablettes pour contenir les objets de provision. Il est nécessaire qu'une d'elles soit placée près de l'évier pour y déposer les vases que l'on doit nettoyer. La table destinée aux épreuves et aux expériences avec des fluides corrosifs, comme les acides et les alkalis, est quelquefois couverte de plomb ou de carreaux de faïence ; des tuiles vernies sont aussi très-commodes pour ce dernier usage.

9. Il est quelques objets qui ont leur place obligée et constante sur les tables : tels sont les supports à filtre, qu'on doit placer à une hauteur convenable. Il faut leur choisir une situation commode pour l'usage, et qui, voisine de la grande table, ne gêne cependant pas l'opérateur. Il est à propos de réserver, dans le voisinage de ces supports, un tiroir ou autre lieu sec pour y déposer le papier à filtrer. La cuve au mercure est un autre appareil qui doit être placé près des tables ; le support particulier sur lequel elle repose doit avoir



une rainure creusée tout à l'entour, et près du bord, avec un trou pratiqué à l'un des coins pour y recueillir le mercure qui pourrait tomber de la cuve. Ce métal est balayé dans la rainure, passe de là dans le trou, ce qui permet de le recueillir.

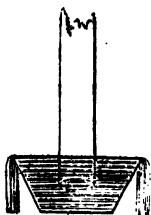
10. Un *évier*, bien approvisionné d'eau, est un objet très important; et, quoiqu'à la rigueur une fontaine en terre, garnie d'un robinet en plomb, et un bassin au-dessous, puisse suffire, cependant il est si avantageux d'avoir de l'eau à discrétion, et de se servir d'un évier, qu'on ne doit rien épargner pour se le procurer. Il faut tirer l'eau d'un réservoir qui n'en manque jamais. L'évier doit être fait en bois recouvert en plomb; car, quoique ce métal soit attaqué par le mercure, et par quelques dissolutions métalliques, cependant, en général, il est moins attaqué qu'aucune autre substance qu'on pourrait employer au même usage. L'évier doit être fait aussi grand qu'il convient, sans excéder trente pouces sur quarante-deux; avoir une rigole par où l'on puisse faire écouler toutes les malpropretés, et l'eau dont on voudra se débarrasser. Il est nécessaire de placer au commencement de la rigole une soupape en fer, non-seulement pour se garantir des odeurs désagréables, mais aussi pour retirer le mercure qui se perd peu à peu, et qui, dans un laboratoire où l'on fait beaucoup de recherches, peut s'élever à une quantité considérable au bout de deux ou trois années (1). Un évier est utile, non seulement pour laver les bouteilles, les verres, les terrines, etc., mais encore pour beaucoup

(1) Cette portion du texte, qui est traduite littéralement, ne donne peut-être pas une idée nette de ce qu'a voulu exprimer l'auteur; car l'on ne comprend pas bien la disposition de cette soupape en fer destinée à laisser passer l'eau, les ordures, à s'opposer à la sortie du mercure, et à la rentrée des mauvaises odeurs.

d'opérations chimiques; par exemple : pour remplir des vases, laver des minéraux, préparer du gluten, etc. Il sera donc placé dans un angle, ayant soin d'en laisser l'accès libre; on disposera, dans son voisinage, un endroit pour ses accessoires, tels que les seaux, les bassins, les brosses, les balais, etc.

11. Des armoires sont très utiles, et l'on doit au moins s'en procurer une grande, garnie intérieurement de tablettes. On y met, et on y tient en état de propreté, les verres à réactifs, les éprouvettes, les mesures, les cornues, les flacons, les récipients, etc.; car ils y sont à l'abri de la poussière, qui est toujours en mouvement, et qui s'amasse constamment dans le laboratoire. On place les tablettes à différens intervalles, de manière à recevoir des verres de différentes grandeurs : une ou deux de ces tablettes devrait avoir un certain nombre de trous ronds, d'un à quatre pouces de diamètre, pour recevoir les goulots des cornues, des flacons et des récipients. Entre ces tablettes on fixe plusieurs crochets et clous pour porter et retenir les appareils, tels que syphons, tubes à détonation, tubes de sûreté, etc. On destine particulièrement une tablette de l'armoire à recevoir, soit les produits d'expériences non terminés, qu'il faut conserver quelques jours, soit

Mais voici comment on pourrait remplir parfaitement ces diverses indications : ce serait en faisant plonger l'extrémité inférieure du tuyau destiné à l'écoulement de l'eau dans une petite cuvette mobile en fer; par cette disposition l'on voit que la cuvette sera constamment remplie d'eau, et que lorsqu'il en arrivera une nouvelle quantité, le trop plein s'écoulera facilement; de plus, l'extrémité du tuyau plongeant dans le liquide, les vapeurs ne pourront pas rentrer dans le laboratoire; et enfin, le mercure qui pourrait être jeté par mégarde, se rassemblera dans le fond de la capsule, d'où on le retirera facilement.



A. B.

les choses qui ne sont employées que rarement, telles que le potassium, etc.

12. Toutes les parties des murs du laboratoire, à portée et convenablement situées, seront garnies de tablettes fixées solidement, pour recevoir des flacons et des éprouvettes. Ces tablettes doivent varier en forme, en dimension et en intervalle, suivant l'usage auquel on les destine. Celles qui doivent porter les flacons renfermant les produits qui sont ordinairement nombreux, et qui s'accumulent continuellement, ont rarement besoin d'être d'une hauteur ou d'une profondeur plus grande que pour recevoir un flacon de six à huit onces. Les tablettes destinées aux vases de la cuve pneumatique doivent être plus larges, et à de plus grands intervalles; enfin celles qui sont destinées à recevoir les flacons d'approvisionnement doivent être beaucoup plus fortes, en raison du poids qu'elles ont à supporter. Il sera convenable, en arrangeant ces tablettes, de faire attention à leur situation: par exemple la première série, contenant les produits et les réactifs d'un usage constant, doit être près de la table sur laquelle se font le plus généralement les opérations, tandis que les bocaux d'approvisionnement peuvent être placés sur des tablettes beaucoup plus éloignées. Il est très-utile d'avoir près de l'évier une tablette trouée sur laquelle les vases qui ont été lavés et rincés puissent être placés pour sécher; et deux ou trois autres disposées convenablement pour recevoir les lampes chimiques, les pots à l'huile, et autres objets malpropres qui ne peuvent manquer d'exister dans un laboratoire.

13. Le râtelier à tubes est d'un emploi analogue aux tablettes. Il est destiné à recevoir des morceaux

de tubes de verre, d'un à trois ou quatre pieds de long; il consiste, en général, en une planche d'environ trois pieds de long, sur six à huit pouces de large, portant sur le devant un rebord haut d'environ un pouce. L'on pourrait y suppléer avec avantage par un rang de clous à crochet placés dans le mur sur une ligne horizontale. Dans ce cas, le tube dont on a besoin est plus promptement choisi parmi le reste, que quand il est sur un râtelier d'une autre espèce; cependant les plus petits bouts sont sujets à tomber.

14. Sur une partie du mur l'on placera de longs clous qui serviront à recevoir des valets (1) pour les cornues, les matras, de grands tubes recourbés, des siphons, etc. Des clous plus petits seront aussi disposés pour accrocher les fils métalliques dont on a continuellement besoin.

15. Il est utile d'avoir, dans un laboratoire, un ou deux grands billots de bois : l'on y placera les mortiers pesans, et l'un d'eux servira de support pour un tas ou pour une enclume.

16. Un assortiment de dix ou douze tasseaux de bois, d'environ quatre pouces carrés, et d'épaisseurs différentes, depuis un demi-pouce jusqu'à trois pouces, sont également d'un grand secours pour supporter des parties d'appareil à différentes hauteurs.

17. Il faut placer avec discernement, et relativement à l'usage qu'on doit en faire, les divers appareils et objets dont on se sert le plus fréquemment. La cuve pneumatique est d'un service constant, et ne doit point, par conséquent, être loin du centre d'activité, ni située

(1) L'on appelle valet, des ronds en grosse paille tressée, servant à poser des cornues, des matras, des balons, et autres vases arrondis inférieurement, et qui ne peuvent se placer commodément sur une surface plane. A. B.

dans un lieu obscur : l'accès doit en être facile, et la communication avec les autres parties ouverte et libre. Les tablettes aux éprouvettes doivent, s'il est possible, être placées près de la cuve à mercure, dont il a déjà été fait mention, et qui doit être disposée avec la même attention. La table qui porte le chalumeau (1) est un article très-essentiel, et d'un usage continuel. Il faut la placer contre le mur près de son accessoire, le râtelier aux tubes. La caisse au charbon doit être placée de manière à ne gêner en rien le service. On ne peut guère se figurer, sans l'avoir éprouvé, combien on gagne à faire attention à ces détails; car, quoiqu'une opération très-secondaire puisse paraître peu importante quand on la considère séparément, cependant quand elle doit être répétée plusieurs fois chaque jour, elle acquiert un degré d'importance qui rend la facilité et l'exactitude de son exécution du plus grand intérêt.

18. On conçoit qu'il est nécessaire d'avoir dans un laboratoire des flacons, des cornues, des récipients, des matras, des fioles, des mortiers, etc.; mais tous les renseignemens concernant ces objets seront donnés avec plus d'avantage à mesure que nous avancerons. Il vaut mieux s'en pourvoir au fur et à mesure du besoin, que de les avoir d'avance; de cette manière on évite en grande partie l'accumulation de ce qui n'est pas nécessaire.

19. Mais il y a d'autres objets, connus sous le nom d'outils, qu'il faut se procurer avant tout, comme étant de première nécessité. Tels sont un tas ou enclume avec son billot, un étau fixé à l'une des tables; deux

(1) Lampe d'émailleur.

ou trois marteaux, y compris celui destiné aux essais minéralogiques; des ciseaux à froid, un tourne-vis, une scie, des cisailles, des alènes; des limes demi-rondes, des limes plates, et de petites limes triangulaires; des râpes demi-rondes, plates et à queue de rat; des tenailles, des forces, une truelle, un fer à souder, avec ses accessoires, et un pot à colle; l'on pourra y ajouter une scie à main pour scier la brique tendre, des spatules en bois, en os, en fer, et un tire-bouchon.

20. Plusieurs autres objets sont encore nécessaires dans un laboratoire. On a souvent besoin de briques pour construire des fourneaux temporaires, ou pour faire des supports, de mortier pour les lier ensemble. Il faut du sable de mer pour les bains de sable et autres objets. Les bouchons de liège servant à une infinité d'usages, il faut s'en pourvoir de bonne qualité, et de toutes les dimensions; il faut encore se procurer de vieilles cartes, des allumettes, des cordes, des vessies, etc.

21. Plusieurs de ces articles utiles doivent être placés, pour la commodité, dans les tiroirs, qui ne sont jamais trop nombreux. Si les tables n'en fournissent pas assez, il faudra en faire exprès un assortiment exclusivement destiné à ces objets. Il faut en destiner un à recevoir des fragments de tubes trop petits pour rester dans le râtelier; un autre doit être spécialement réservé pour recevoir les tubes de verre de diverses dimensions, fermés par un bout; un autre sera destiné aux bouchons; un autre aux outils; cependant les limes et les râpes, en raison de leur quantité et de leur usage fréquent, méritent un tiroir à part. Les obturateurs ou disques de verre, les baguettes et les bougies dont on se sert dans un laboratoire, occuperont également un

tiroir; la ficelle, la vessie, le papier-sablé, en occuperont un autre; il en sera de même des étoupes et des torchons. Il faut diviser un tiroir en plusieurs compartimens destinés à différens petits instrumens, comme des chalumeaux, de petits ciseaux, un diamant pour couper le verre, une feuille et du fil de platine.

Indépendamment des tiroirs; quelques petites caisses en bois sont convenables dans un laboratoire pour contenir la chaux, le lut, le manganèse, le sable, etc.; quelques planches sont aussi très-utiles pour transporter les appareils.

22. L'eau distillée doit être comprise parmi les objets nécessaires au chimiste, et il y a tant d'avantage à en avoir en abondance, qu'il faut rechercher avec empressement tous les moyens de s'en procurer. Il n'est pas rare de trouver de grandes quantités d'eau distillée dans les villes; car en raison des applications nombreuses de la vapeur, les occasions d'en recueillir sont fréquentes.

Partout où l'on se sert de la vapeur pour transmettre la chaleur par des tuyaux, l'eau condensée peut facilement être recueillie en abondance. Il faut soumettre cette eau à l'épreuve pour s'assurer de sa pureté, et rejeter celle qui est impure. Quand le laboratoire ne peut être approvisionné de cette manière, il faut; soit acheter l'eau, soit la distiller: l'alambic qui doit servir à la préparer peut s'adapter au fourneau précédemment décrit. Il sera convenable d'avoir un flacon d'une forme particulière, de la contenance d'un quart ou trois pintes (1), pour y mettre l'eau distillée dont on se sert dans les expériences journalières, afin d'éviter toute méprise.

(1) Un quart équivant à deux pintes anglaises.

23. Une pierre, un morceau d'acier, de l'amadou et des allumettes, ou, ce qui est beaucoup mieux, un *eupyrion*, sera toujours nécessaire dans un laboratoire, de même qu'une chandelle et un chandelier. Le petit appareil, appelé *eupyrion* de Hertner, est maintenant si bien connu dans la plupart des villes, qu'il n'y a aucune difficulté à s'en procurer. Pour ceux qui ne connaissent pas cet instrument, il peut être à propos d'observer qu'il consiste en une très-petite bouteille à demi remplie d'asbeste, très-comprimé et humecté d'acide sulfurique très-concentré, dont la quantité est telle, que quoiqu'il mouille complètement l'asbeste, il ne peut couler sur les côtés de la bouteille : celle-ci est hermétiquement fermée au moyen d'un bon bouchon, et ne doit jamais être ouverte, si ce n'est quand on veut y introduire une allumette, et aussitôt que l'allumette est retirée, il faut la refermer promptement. Les allumettes sont de petits éclats de bois trempés dans le soufre, à la manière ordinaire ; mais après les avoir trempés dans le soufre, on les plonge de nouveau, jusqu'à un huitième de pouce, dans un mélange de trois parties en poids de chlorate de potasse, et de deux parties d'amidon ou de sucre, mêlées avec un peu de vermillon pour lui donner de la couleur, et assez d'eau pour en faire une pâte légère, qu'on laisse sécher ensuite complètement. Une de ces allumettes, plongée soudainement dans la bouteille, de manière à toucher l'acide sulfurique, et retirée à l'instant, s'enflammera sur-le-champ. On peut substituer à l'*eupyrion* le briquet phosphorique, qui se fait en agitant un morceau de phosphore dans une bouteille sèche, avec un fil d'archal ardent : le phosphore subit une légère combustion, et forme une couche très-inflammable sur l'intérieur.



Une allumette soufrée ordinaire, frottée contre l'intérieur de la bouteille, et retirée à l'air, s'enflamme sur-le-champ; ou si elle ne le fait pas, une seconde agitation avec le fil d'archal ardent, ou deux ou trois jours de repos, rendront en général le briquet propre à cet effet. Il doit être fermé au moyen d'un bouchon de verre, de manière à empêcher l'accès de l'air, excepté dans les courts intervalles pendant lesquels on en fait usage. Ce briquet et l'*eupyrion* doivent être préférés au caillou et à l'acier.

24. Il reste peu de choses à ajouter pour compléter la fourniture préliminaire d'un laboratoire. Un registre de papier blanc à écrire, avec une plume et de l'encre, doivent se trouver sur la table, pour prendre sur-le-champ note des expériences. On peut y placer aussi une chaise; et l'on jugera qu'une seule est parfaitement suffisante, car un laboratoire est un lieu destiné uniquement pour les personnes occupées des opérations qui s'y font.

25. D'après cette description du laboratoire, on comprendra aisément quels grands avantages résulteraient d'avoir en outre une ou deux autres chambres adjacentes, lorsque cela est possible. Une bonne balance est un appareil très-délicat; elle est bientôt endommagée et dérangée, si elle reste exposée à l'action de l'humidité, des vapeurs corrosives qui flottent continuellement dans le laboratoire, au milieu duquel il faut la laisser aussi peu de temps que possible; cependant, en raison de son usage constant, on ne doit pas la tenir trop éloignée. S'il y a une petite chambre sèche, à portée, il convient en général de l'y placer; on y déposera également la machine pneumatique et ses récipients, la machine électrique, la bou-

teille de Leyde, et une foule d'appareils délicats. 26: D'un autre côté, des objets tels que du sable à luter, du charbon de bois, du coke, des briques, des creusets, des piles voltaïques, etc., n'exigent pas un lieu sec, et seraient même nuisibles si on les tenait dans la même chambre que la balance; cependant il est avantageux de les tenir dans un lieu séparé du laboratoire, afin que le premier puisse être sans embarras, et libre pour les opérations. Ces objets seraient, par conséquent, très-convenablement placés dans une cave sèche, ou sous un hangar, ou dans quelque autre lieu semblable tel qu'un magasin. Toutefois on peut observer que ces places ne sont pas essentielles, et que lorsque le laboratoire n'a qu'une seule pièce, tous les appareils délicats peuvent être mis dans une armoire sèche, et les autres objets trouver leur place dans le laboratoire même.

27. L'auteur avait d'abord eu intention de joindre à cet ouvrage le plan d'un laboratoire complet, et de moyenne grandeur; mais considérant que, dans l'arrangement d'un laboratoire, ce qui est utile à un chimiste, et peut s'adapter à son genre de recherches, sera sans avantage pour un grand nombre d'autres, de telle sorte qu'il n'en est pas deux sur dix auxquels il conviendrait de le construire de la même manière, il a entièrement renoncé à cette idée. En effet, on trouverait à peine deux laboratoires qui ne puissent pas différer avec avantage dans l'arrangement de quelques points importants, aussi bien que dans l'étendue de leurs différentes parties. D'après les détails dans lesquels nous entrons dans cet ouvrage concernant la manipulation, on pourra aisément se former une idée de l'arrangement le plus commode d'un petit laboratoire, ou d'un établissement de ce

genre qui, dans un cas de nécessité, pourrait n'occuper que la surface d'une simple table avec ses tiroirs. Si le défaut de temps ou si quelque autre circonstance limitaient les moyens de recherches, il faudrait commencer par se procurer une lampe à esprit de vin, un chalumeau, une paire de petites pinces, du fil et des feuilles de platine, une capsule de même métal, quelques flacons, une lampe chimique, des capsules à évaporation, quelques petits tubes de verre, et deux ou trois douzaines de fioles, avec quelques-unes des substances les plus employées en chimie, comme des acides et des alkalis, six ou huit des réactifs les plus importants, et d'acheter toutes les autres choses à mesure que la nécessité s'en fera sentir.

## SECTION II.

*Balance, poids, pesées, etc.*

28. La partie de cet ouvrage dans laquelle nous entrons actuellement ayant plus directement rapport à la manipulation que la section précédente, il peut être convenable de dire très-formellement que notre intention n'est pas de donner des instructions relativement à la nature ou à la construction des appareils chimiques en général, mais d'enseigner leur usage le plus simple, le plus efficace, et le plus exact. Nous nous efforcerons de subordonner strictement tout à cet objet; et lorsque nous parlerons de la construction et des principes d'un instrument, ce sera uniquement dans la vue d'en faire clairement comprendre l'usage. Voilà le motif de la disproportion apparente que l'on trouvera quelquefois dans les détails de cette partie secondaire et descriptive; car tout ce qu'un élève ou un chimiste pourra faire par lui-même pour corriger ou construire un instrument sera complètement décrit, tandis que ce qui doit nécessairement être fait par l'ouvrier, sera passé sous silence. Enseigner à une personne à faire une balance, ou lui dire comment elle se fait, n'est pas notre but: nous n'en avons d'autre que d'en faire connaître l'usage. Par conséquent, tout ce qui peut faciliter cet usage, ou peut être fait par quelqu'un qui n'est pas ouvrier, pour corriger un léger dérangement, va maintenant réclamer notre attention.

29. Un chimiste ne peut pas se passer d'une balance

délicate : cet instrument est pour lui absolument nécessaire pour répéter les expériences les plus importantes, ou pour ses propres recherches. S'il est très-occupé, il aura besoin de deux ou trois balances; car les poids avec lesquels il est nécessaire de travailler, étant très-variés, ils sont presque sans limites, et ne peuvent être évalués par le même instrument. Si l'on pesait de grandes quantités dans des balances propres à montrer de légères différences, on les endommagerait infailliblement en courbant le fléau ou en changeant les points de suspension; d'un autre côté, on ne saurait apprécier de petits poids dans des balances destinées à de grandes quantités, à cause de la masse de l'instrument lui-même. Il faut donc avoir une balance propre à peser depuis une once jusqu'à deux ou trois livres, ou même plus, et construite de manière à trébucher à deux ou trois grains, quand elle est chargée de son plus grand poids. On pourrait la rendre très-délicate et très-sensible, mais ordinairement cela n'est pas nécessaire. On a pour les travaux du laboratoire une autre balance propre à peser depuis un demi-grain jusqu'à deux ou trois onces avec une grande exactitude, et qui est sensible à environ un demi-grain quand elle est complètement chargée. On destinera cette dernière balance à l'usage ordinaire, et l'on s'en servira de préférence aux balances plus sensibles, toutes les fois surtout que les pesées devront se faire dans le laboratoire; l'on préservera ainsi l'instrument le plus parfait du dommage que lui causerait un usage trop fréquent et l'action des vapeurs qui se dégagent constamment dans le cours des opérations. L'instrument de précision doit être suffisamment délicat pour peser de 600 à 1000 grains et au-dessous, et indiquer distinctement et sûrement des

différences égales à la  $\frac{1}{50000}$  ou  $\frac{1}{60000}$  partie du poids qu'on pèse.

Les matériaux et la construction des balances varient tant, ainsi que les circonstances qui déterminent leur achat, qu'on ne peut pas donner de règles générales sur ce point. Qu'elles soient grandes ou petites, l'on doit préférer celles qui sont sur des supports fixes, à celles qui sont suspendues librement, quoiqu'on en fasse de très-bonnes de cette espèce. Il faut les préserver de l'humidité et des vapeurs, le fléau de la grande, si sa construction le permet, et même celui de la deuxième, doit être fréquemment nettoyé et huilé. Les instrumens plus délicats doivent être nettoyés par l'ouvrier même; car on risque quelquefois de les endommager beaucoup en les nettoyant grossièrement, et à la hâte; si l'on voit, lorsqu'on est sur le point de s'en servir, qu'il existe sur le fléau ou le bassin d'une balance délicate, une tache provenant de la poussière, de l'oxidation ou de quelque autre cause, il vaut mieux compenser la différence de poids qui en résulte, en ajoutant aux bassins un contre-poids momentané, que d'essayer d'enlever la tache avant l'opération. Si les balances sont construites de manière qu'on puisse les mettre dans des boîtes, il faut les y placer quand on ne s'en sert pas. Les instrumens délicats sont toujours enfermés dans des cages (1), et ils y sont fixés de manière à ce qu'on puisse s'en servir sans les déplacer. Lorsqu'on ne s'en sert pas, les cages doivent toujours être fermées. Quand on ne se sert plus des balances du laboratoire on les couvre d'une chemise de

(1) Ces cages sont en verre, elles peuvent s'enlever en une seule pièce lorsque la balance est petite, mais lorsqu'elle est grande ou qu'elle doit servir fréquemment, la partie antérieure de la cage est seule mobile. Pour se servir de la balance on élève cette partie antérieure en la faisant glisser entre les deux montans qui sont à coulisses. A. B.

serge ou de toile, et toutes les fois qu'il est nécessaire d'apporter la balance délicate dans le laboratoire, on a la précaution de la remettre à sa place aussitôt qu'on s'en est servi. Cet instrument est en lui-même si coûteux, il est si vite endommagé, sa valeur et son usage sont alors si rapidement diminués, qu'il faut en prendre tous les soins possibles.

30. Les poids sont aussi variés que les balances elles-mêmes. Il en faut depuis trois livres jusqu'à des centièmes de grain : ils forment au moins deux assortimens ; l'un, consistant en livres, onces et drachmes (avoir du poids) ; l'autre, en grains, depuis 1000 jusqu'aux fractions les plus minimales. Il est d'usage de fabriquer ces poids en assortimens qui en contiennent chacun aussi peu que possible (1). Ainsi, quatre poids de 1, 2, 3, et 4 grains, sont suffisans pour peser depuis 1 jusqu'à 10 grains ; et avec des poids sem-

(1) Les assortimens de poids français sont de deux sortes pour les balances du laboratoire ; l'un, comprend le gramme et ses multiples jusqu'à 500 grammes ; l'autre, le gramme et ses divisions jusqu'au milligramme :

|                                    |   |                      |
|------------------------------------|---|----------------------|
| L'on trouve dans le premier        | 1 | poids de 500 grammes |
|                                    | 1 | 200                  |
|                                    | 2 | 100                  |
| dont la somme représente le kilog. | 1 | 50                   |
|                                    | 1 | 20                   |
|                                    | 2 | 10                   |
|                                    | 1 | 5                    |
|                                    | 2 | 1                    |
|                                    | 1 | 1                    |

|                                    |   |                        |
|------------------------------------|---|------------------------|
| Il y a dans le second              | 1 | poids de 5 décigrammes |
|                                    | 1 | 2                      |
|                                    | 2 | 1                      |
|                                    | 1 | 5 centigrammes         |
|                                    | 1 | 2                      |
|                                    | 2 | 1                      |
| dont la somme représente le gramme | 1 | 5 milligrammes         |
|                                    | 1 | 2                      |
|                                    | 2 | 1                      |

blables de 10, 20, 30, 40, 100, 200, 300, et 400, on pèse jusqu'à 1000 grains. Le nombre des poids pourrait encore être diminué en se servant de ceux qui sont exprimés par la série suivante, 1, 3, 9, 27, 81, 243; et une série de dix, ainsi composée, pèserait tout nombre depuis 1 jusqu'à 88573. Mais on ne se sert pas toujours dans la pratique de la série de poids dont nous venons de parler; il est souvent convenable; au contraire, d'employer plusieurs assortimens. Il n'est pas nécessaire d'avoir un assortiment aussi étendu en livres, onces, et drachmes, parce qu'on ne s'en sert comparativement que très-peu dans le laboratoire, mais il le faut avec les poids de grains; car il est à désirer, dans tous les cas possibles, de se référer toujours à la même espèce de poids pour la simplicité des calculs et des rapports, et les poids en grains, étant généralement adoptés, doivent être préférés aux autres; ainsi, pour éviter toute difficulté, il faut en avoir un approvisionnement abondant. Il arrive fréquemment que dans l'évaluation d'une perte ou d'un gain de poids, ou en prenant des pesanteurs spécifiques, on a besoin de deux ou de plusieurs poids de la même valeur, ce qui rend indispensable d'en avoir une surabondance, d'autant plus qu'on est journallement exposé à en égarer. Il est extrêmement convenable d'avoir une petite boîte divisée en compartimens, contenant divers poids en grains, depuis un dixième jusqu'à 1000 grains, et destinée à accompagner la balance ordinairement en usage. Il est bien d'avoir un assortiment complet, depuis 500 jusqu'à des centièmes de grain, pour le tenir toujours avec la meilleure balance, celle-ci étant pourvue de deux ou trois assortimens de fractions de grain. Dans ce dernier cas on n'a pas besoin d'avoir de



doubles poids au-dessus d'un grain, car on peut en prendre dans la boîte du laboratoire.

31. Ces poids sont quelquefois faits en laiton; cependant les fractions de grains doivent toujours être en platine; et il vaudrait beaucoup mieux se servir constamment de ce métal pour les poids qui n'excèdent pas 10 grains. Peut-être son emploi pour les poids supérieurs ferait-il craindre un surcroît de dépense; mais on y trouverait une ample compensation, en ce qu'ils seraient préservés de l'oxidation, et en ce qu'ils seraient aisément nettoyés, en les frottant légèrement, ou bien en les exposant un instant à la flamme d'une lampe à l'esprit de vin. Quand on ne regarde pas à la dépense, tous les poids doivent être en platine; leur précision permanente dédommageant amplement de l'augmentation de prix.

Après le platine il n'y a probablement pas de métal commun meilleur que le laiton pour faire des poids; les plus grands poids en grains, ainsi que les séries de la livre et ses divisions, peuvent être faits de cet alliage. Mais comme il est fortement attaqué par les vapeurs du laboratoire, les petits poids qui en sont faits sont souvent rendus inutiles dans très-peu de temps. En les tenant dans une boîte fermée, on retarde jusqu'à un certain point cette altération. Le poids de livre et l'once sont fréquemment faits par assortimens, tous les poids étant creux, ayant la forme d'un cône tronqué, et pouvant s'emboîter les uns dans les autres. De tels poids sont très convenables pour faire des tares, la forme concave permettant aux plus grands poids dont on se sert de recevoir d'autres matières pour rendre la tare exacte, comme on le dira ci-après.

32. La boîte de poids de grains du laboratoire doit

contenir une paire de petites pinces pour saisir les divisions de grain, ces dernières étant trop petites pour que l'on puisse se servir promptement et sûrement de la main, d'autant plus qu'on est exposé, en les prenant avec les doigts, à leur communiquer des matières étrangères, et à les rendre ainsi plus ou moins inexacts.

33. Il faut, indépendamment des poids, avoir quelques substances convenables pour faire contre-poids aux creusets, capsules, tubes, etc. Une petite boîte pleine de grenaille de plomb de diverse grosseur remplit très-bien ce but; on peut y ajouter quelques morceaux de plomb ou d'étain en feuille.

34. On doit de temps en temps examiner avec soin la balance et les poids, afin de s'assurer de leur exactitude; car, s'ils causent quelques erreurs inaperçues, toutes les expériences faites avec ces instrumens peuvent être plus qu'inutiles. On pourrait citer quelques circonstances curieuses dans lesquelles des vérités chimiques de la plus haute importance ont été obscurcies, uniquement par de semblables erreurs.

35. La théorie de la balance est si simple, que les essais que l'on fera pour reconnaître son exactitude seront aisément compris, et aussi facilement mis en pratique (1). On peut la considérer comme un levier inflexible, soutenu horizontalement par son centre de gravité, et supportant des poids suspendus à égales distances du milieu, en des points placés sur la ligne horizontale qui passe par le centre de gravité. Si les poids sont égaux, ils se feront nécessairement équilibre; s'ils ne le sont pas, le plus pesant fera pencher la balance. L'on s'éloigne ordinairement, dans la construction des

(1) Voyez le Dictionnaire de chimie de Nicholson, ou de Ure, article Balance.

balances, de la théorie que nous venons d'exposer; tantôt à cause de l'impossibilité de l'exécution, tantôt à cause de l'avantage que l'on y trouve dans la pratique. On peut dire qu'une bonne balance consiste *essentiellement* en un fléau aussi léger que possible, sans compromettre la rigidité qu'il doit posséder, divisé en deux bras égaux en poids et en longueur, par une ligne de support ou axe : à l'extrémité de chaque bras se trouve la ligne de support ou axe de suspension des bassins. Ces trois axes doivent être exactement parallèles; précisément perpendiculaires au fléau dans un même plan horizontal; de plus, la ligne horizontale qui joint les deux points de suspension des bassins doit passer un peu au-dessus du centre de gravité du fléau. Il est inutile de parler ici des défauts grossiers qu'on rencontre dans les balances ordinaires, on les apercevra aisément; et ce que nous dirons en traitant des balances délicates fera comprendre l'impossibilité de les éviter sans se livrer à une dépense disproportionnée avec les avantages qu'on en retirerait.

36. On comprendra aisément qu'un fléau comme celui que nous venons de décrire, dont la ligne de suspension serait taillée en lame de couteau, et placée sur un plan horizontal, prendrait lui-même une position horizontale en raison de la situation de son centre de gravité. L'addition des bassins n'apporte aucun changement à cette dernière position du fléau, parce qu'il sont égaux en poids. La délicatesse d'une balance dépend très-essentiellement des situations relatives du centre de gravité, du point d'appui central, et des axes de suspension. Si le centre de gravité est beaucoup abaissé au-dessous du point d'appui, et qu'on observe les oscillations de la balance, on lui communiquant un

léger mouvement, on verra qu'elles sont rapides, et que le fléau reviendra bientôt à l'état de repos; si l'on ajoute des poids d'un côté, de manière à la faire osciller ou trébucher, comme on dit, ou bien à la mener à un certain état permanent d'inclinaison, on trouvera qu'il en faut une quantité considérable. Si le centre de gravité est plus élevé, les oscillations seront plus lentes, et produites par une impulsion beaucoup plus faible; le fléau sera alors plus long-temps à revenir à son état de repos. Si la position du centre de gravité coïncide précisément avec le point d'appui ou le centre d'oscillation, celui-ci étant aussi dans la ligne qui joint les deux points extrêmes de suspensions, alors le plus petit poids suffira pour faire trébucher le fléau (en supposant, toutefois, le couteau et le plan de suspension parfaitement dressés), les oscillations n'existent plus, l'un ou l'autre des deux côtés cède au moindre effort, et l'on perd l'indication importante fournie par l'étendue et la vitesse des oscillations. Le cas où le centre de gravité est au-dessus du point d'appui est rare, si tant est qu'il se présente jamais. Une semblable balance lorsqu'elle serait chargée de poids égaux, inclinerait d'un côté ou de l'autre. En effet, à la moindre rupture d'équilibre, le côté le plus bas tendrait à incliner encore davantage jusqu'à ce qu'il fût arrêté par quelque obstacle, à moins cependant, que le point d'appui ne fût placé beaucoup au-dessus de la ligne qui joint les points de suspension, auquel cas les poids des bassins pourraient contre-balancer l'effet produit par l'élévation du centre de gravité. Pour des balances destinées à supporter de grands poids, il est nécessaire de placer le centre de gravité plus bas que pour celles qui ne doivent en porter que de petits, afin qu'elles puissent osciller

régulièrement et promptement : c'est pour cette raison qu'elles sont moins sensibles.

37. Les oscillations d'une balance varient selon le poids dont elle est chargée ; plus il est grand, plus elles sont lentes : on doit les observer attentivement, à cause des indications utiles qu'elles fournissent pour les pesées. A l'étendue et à la vitesse des oscillations, une personne habituée à l'instrument jugera, jusqu'à un certain point, du poids nécessaire pour produire l'équilibre. Mais on ne doit pas perdre de vue que, selon que la balance est plus ou moins chargée, les mêmes vitesses et amplitudes des oscillations ne correspondent pas toujours aux mêmes différences de poids. Il est encore nécessaire de connaître le poids sous lequel trébuche la balance, selon les différentes charges qu'on peut lui faire supporter. L'instrument peut être considéré comme très-exact, s'il trébuche à  $\frac{1}{100}$  de grain quand il y a 600 grains dans chaque bassin ; c'est-à-dire s'il trébuche à  $\frac{1}{60000}$  du poids dont il est chargé.

38. Les balances sont quelquefois, comme on dit, sujettes à devenir folles, quand elles sont surchargées. Cet effet consiste dans une dépression permanente du côté qui est le plus bas ; en conséquence, quand une balance porte des poids égaux dans chaque bassin, mais est surchargée, si on la place dans une situation exactement horizontale, elle y reste, mais la plus légère impulsion ou dépression d'un côté suffit pour détruire l'équilibre ; le côté inférieur continue de descendre avec une vitesse accélérée, et finit par demeurer stationnaire, comme s'il était réellement plus pesant que l'autre. Généralement, plus une balance est délicate, plus cet effet a lieu promptement ; c'est pourquoi l'on doit déterminer la limite du poids qu'elle peut por-

ter. Il faut soigneusement étudier ce défaut, ainsi que la perte de justesse qu'elle subit lorsqu'on la surcharge. Cette imperfection dépend de la position du point d'appui, au-dessous de la ligne qui joint les points de suspension; on ne peut plus, dans ce cas, s'en rapporter à l'indication que la balance fournit.

39. Quand on a vérifié que le fléau, libre de ses bassins, mais supporté sur son axe, oscille régulièrement, qu'il arrive par degrés à une position horizontale où il reste en repos, on doit le retourner, de manière que le bras qui se trouvait à droite passe à gauche. On le fait ensuite osciller de nouveau, et s'il se meut régulièrement, s'arrêtant à la fin dans une position horizontale, il a subi une épreuve rigoureuse, et l'on peut s'en servir avec confiance. Les défauts qu'on pourra découvrir de cette manière dépendent des imperfections du travail du couteau, ou des plans sur lesquels il s'appuie. Ce couteau doit être en agate ou en acier, fait tout d'une pièce, et taillé de manière que l'arête vive des deux côtés soit parfaitement en ligne droite. L'on y parvient en usant chacune de ses parties sur la même surface plane; mais quand les deux parties qui reposent sur les plans sont taillées séparément bien que sur un même morceau d'agate ou d'acier, ou, ce qui est pire, quand elles sont formées de morceaux séparés, et fixés ensuite sur chaque côté du fléau, il est à peine possible qu'elles se trouvent sur la même ligne: dans ce cas le fléau ne peut être exact. Le couteau repose ordinairement sur des plans ou dans des courbes. Les plans doivent être parfaitement dressés, horizontaux, et exactement à la même hauteur. Les courbes doivent être à une hauteur égale, et avoir leur axe sur la même ligne, si telle est leur position, et que le couteau soit

parfait ; alors la suspension sera précisément sur le tranchant du couteau ; et, en renversant le fléau, on ne produira aucun changement.

40. Quand les bassins sont suspendus au fléau, la balance doit encore rester horizontale. Mais l'exactitude dans les moyens de suspension des bassins est bien plus facile à obtenir que celle du couteau ; on s'en assure en changeant les bassins de place ; ensuite en renversant le fléau, et enfin en changeant de nouveau les bassins. Les irrégularités qu'on découvrira de cette manière dans une balance ne peuvent être corrigées que par l'ouvrier, et sont toujours des points difficiles pour l'ajustement définitif. Il peut exister de légers défauts dans un excellent instrument ; on les corrigera facilement à l'aide des observations précédentes.

41. La longueur et le poids des bras du fléau sont proportionnés entre eux : la longueur de chacun d'eux est exactement la distance qui existe depuis le tranchant du couteau du milieu jusqu'aux tranchans des couteaux extrêmes, toutes ces lignes étant considérées comme parallèles, et dans un même plan horizontal. Les deux bras doivent être parfaitement égaux en longueur ; mais il n'est nullement nécessaire qu'il y ait entre eux égalité de poids, quoique cela soit préférable. Un bras avec son bassin peut être beaucoup plus pesant que l'autre, et l'équilibre néanmoins exister si le poids, au lieu d'être réparti de la même manière dans les deux bras, se trouve réparti de telle sorte que, dans le bras le plus léger, il soit plus près de l'extrémité, et dans l'autre plus près du centre. Les balances sont ordinairement fournies par l'ouvrier à l'état d'équilibre ; il ne reste plus qu'à s'assurer si elles sont réellement bien ajustés, et si après avoir oscillé librement, elles repren-

nant une position horizontale. Si elles ne le font pas, il est facile de corriger momentanément ce défaut au moyen d'un léger contre-poids.

42. L'égalité dans la longueur des bras est beaucoup plus importante, et peut se vérifier de deux ou trois manières. Si la balance avec ses bassins oscille librement et s'arrête dans une position horizontale, et qu'après avoir changé les bassins de place, elle prenne de nouveau son état horizontal de repos, on est assuré de l'égalité de la longueur des bras du fléau. Ils peuvent être égaux, et qu'il arrive cependant que le changement des bassins, d'une extrémité à l'autre, occasionne une rupture d'équilibre, parce que l'excès de poids de l'un des bassins était compensé par le défaut existant dans le bras correspondant. Pour en avoir la preuve, remettez les bassins à leur place, et par conséquent rétablissez l'équilibre comme auparavant; mettez des poids égaux dans chaque bassin, chargeant modérément la balance, et ensuite changez les poids d'un bassin à l'autre, et observez de nouveau si l'équilibre est conservé: s'il en est ainsi, les bras sont égaux en longueur.

Ces épreuves suffisent entièrement au but du chimiste; lorsqu'il s'est assuré que sa balance oscille librement sous les différens poids qu'elle peut supporter, qu'elle trébuche avec facilité, que le renversement du fléau et la mutation des poids n'en altère pas les indications, il peut se contenter de cette exactitude, et laisser à l'ouvrier le soin de reconnaître et de corriger les imperfections plus difficiles à constater.

43. Les poids doivent subir un examen aussi-bien que la balance, et il est nécessaire de le faire pour s'assurer de leur exactitude lorsqu'ils sont neufs, ou de



l'altération que le temps et l'usage auraient pu leur faire éprouver lorsqu'ils ont déjà servi. D'abord il est essentiel de débiter avec un bon étalon, et quoiqu'en général on s'en rapporte pour cela à l'ouvrier, cependant, quand on le peut, il est à désirer que les poids de 1, 10, 100, et 1000 grains, soient comparés à d'autres déjà vérifiés. La méthode la plus prompte pour découvrir des erreurs dans les subdivisions, est de prendre des quantités égales de poids différens, et de les peser comparativement, ayant soin d'en comparer un gros avec huit ou dix petits : par exemple, un de 100 grains, avec plusieurs de 40, 30, 10, 8, 5, 4, 2, et 1 ; l'on ôte ensuite quelques poids de l'un des bassins, on les remplace par la somme des fractions qui les représentent : par exemple, l'on substitue au poids de 30 grains ci-dessus, un poids de 10, et quatre de 5. Il faut examiner de la même manière les fractions du grain, et s'il existe quelque différence sensible, on la découvrira facilement. Si la balance dont on se sert n'était pas juste, et que la précision des résultats pût être affectée par la mutation des poids d'un bassin dans l'autre, il faudrait faire les diverses substitutions de poids toujours dans le même bassin, le poids de l'autre étant considéré comme un simple contre-poids, auquel il ne faudrait pas toucher pendant tout le temps de l'opération. Les essais, avec les poids qui accompagnent la meilleure balance, et qui sont exclusivement destinés à des expériences très-déliées, doivent être faits avec un soin extrême.

L'on devra, de temps à autre, recommencer cette vérification des poids de la même manière, excepté cependant quand on a quelque motif de soupçonner l'exactitude d'un poids particulier, lequel alors devra naturellement être comparé à un poids reconnu pour

exact. Ces essais doivent être plus ou moins fréquens, suivant l'endroit où les poids sont placés; ceux qui, étant continuellement dans le laboratoire, changent de couleur et d'aspect, ont plus souvent besoin d'être examinés. Sous ce rapport, les poids en platine sont bien préférables, puisqu'ils ne sont pas susceptibles d'altération.

44. L'opération de peser est très-simple, et c'est seulement parce que dans les mains du chimiste elle devient une des opérations les plus délicates et les plus fréquentes, que les moyens d'en faciliter l'exécution ont besoin d'être décrits. Il faut d'abord s'assurer, avant toute opération, si la balance est parfaitement en état, si elle oscille librement; l'on doit éviter soigneusement les courans d'air qui pourraient avoir de l'influence sur elle. Si par quelque cause accidentelle la balance n'est pas en équilibre, il faut l'établir au moyen d'un morceau de papier, ou d'un fragment de feuille d'étain ou de plomb. Il faut rechercher et corriger avec soin toutes les causes d'erreurs, afin de pouvoir compter sur l'exactitude des résultats.

45. Quand la substance à peser est d'un seul morceau, ou composée d'un petit nombre de fragmens, il suffit de la mettre dans un des bassins, et d'ajouter des poids à l'autre, jusqu'à ce que les deux bassins soient en équilibre. Une balance délicate doit être toujours pourvue de moyens de supporter les bassins, indépendamment du fléau, et le fléau lui-même doit pouvoir être soutenu de manière à ne pas porter constamment sur le couteau; mais il faut que ces supports puissent s'abaisser facilement lorsqu'on veut se servir de l'instrument. Le but qu'on se propose est d'éviter d'endommager le tranchant des couteaux par la pression

constante du poids des bassins et du fléau, ou par l'addition subite d'un poids trop fort. Ainsi, lorsqu'on ajoute ou qu'on enlève un poids un peu fort, il ne faut jamais le faire sans avoir placé les bassins sur leurs supports; car, dans l'un et l'autre cas, il en résulte un mouvement brusque et rapide, très-nuisible aux tranchans des couteaux. Il ne faut jamais ajouter plus d'un grain à la fois sans prendre cette précaution, qui d'ailleurs a encore d'autres avantages.

46. Quand on met dans la balance un poids que l'on présume être à peu près égal à la substance à peser, la balance doit être placée sur ses supports, comme nous venons de le dire; alors on la dégage graduellement jusqu'à ce que tout le poids soit supporté uniquement par le fléau. L'on observe le mouvement que prend le bassin qui contient le poids, et suivant la rapidité avec laquelle il s'élève ou s'abaisse au-dessous de l'autre, l'on peut apprécier le poids qu'il faut ajouter ou ôter pour établir l'équilibre. Remettant alors la balance au repos, l'on y fait l'addition convenable, et l'on recommence l'essai de la même manière. Il vaut mieux répéter cette opération chaque fois qu'on ajoute un poids, quelque petit qu'il soit, que de s'efforcer d'établir l'équilibre pendant que la balance porte sur son couteau, et qu'elle est en mouvement.

47. A mesure que le poids approche de l'égalité avec la substance à peser, les oscillations deviennent lentes, et le fléau prend une position moyenne qui partage en deux parties égales l'angle des oscillations. Par conséquent on peut juger la position de cette ligne, avant même que la balance soit en repos, ce qui donne une indication du poids à ajouter ou à retrancher. Une per-

sonne qui, par l'observation des oscillations d'une balance, est en état de profiter des indications qu'elles donnent, obtiendra l'équilibre après deux ou trois essais; tandis qu'une autre ne le fera pas en moins de dix ou douze.

48. Les poids légers doivent être enlevés avec de petites pinces; car, en les prenant avec les doigts, l'on est exposé à faire tomber dans le bassin des corps étrangers, ou même à enlever involontairement de très-petits poids; on les saisit d'ailleurs avec plus de facilité qu'avec la main. Il arrive quelquefois que la balance paraît osciller avec difficulté ou s'arrêter, sans qu'on puisse assigner à cet effet aucune cause probable. Dans ces occasions, une légère secousse donnée à l'instrument, en frappant sur la cage, ou un mouvement oscillatoire, aideront souvent la balance, et la rendront suffisamment sensible pour permettre de terminer l'opération. Il faut toujours compter les poids quand l'instrument est en repos; mais on doit s'assurer avec soin par la liberté d'oscillation, que ce repos est la conséquence du parfait équilibre; et non du manque de sensibilité dans l'instrument, ou de quelque obstacle accidentel.

49. Quand la balance a été définitivement mise en état d'équilibre, il ne reste plus qu'à constater le poids. En général celui qui opère tient compte des poids qu'il ajoute ou qu'il ôte pendant l'opération; mais il faut toujours les compter de nouveau lorsque la pesée est faite. Pour cela on ôte les poids de la balance en les faisant glisser (surtout s'ils sont petits et nombreux) dans une petite capsule ou sur une feuille de papier, où on les compte facilement. Pour découvrir toute erreur qui pourrait avoir été faite, soit dans le calcul, soit autrement, prenez la même quantité en

d'autres poids; avec le moins de fractions possible, mettez-les dans le bassin des premiers, et voyez s'ils rétablissent l'équilibre; s'ils le font, l'exactitude du poids est parfaite, sinon il faut chercher, découvrir, et corriger la cause de la différence.

50. Quand l'opération du pesage doit être répétée fréquemment, comme il arrive dans certains travaux analytiques, on économise le temps en plaçant les petits poids par ordre devant la balance : les centièmes ensemble à droite, ensuite les dixièmes, puis les grains au-dessous de dix, et enfin les grands poids.

51. Lorsqu'on pèse des substances élevées à une haute température on doit faire beaucoup d'attention à l'effet produit par le courant d'air ascendant, qui tend à élever le bassin contenant la matière échauffée, ce qui peut produire des résultats erronés : une capsule d'argent, pesant 600 grains à froid, parut peser  $\frac{7}{10}$  de grain de moins après avoir été chauffée à la lampe à l'esprit de vin, et ensuite replacée dans le même bassin. Si elle avait préalablement contenu dix grains d'une substance destinée à être soumise à une telle température, celle-ci aurait paru perdre les  $\frac{7}{10}$  d'un grain, tandis qu'effectivement il n'y aurait eu aucune perte. Outre cette erreur probable, l'introduction d'une substance ou d'un vaisseau échauffé dans le bassin, est capable d'affecter le bras du fléau, qui est placé au-dessus, et de causer un dérangement momentané, uniquement par la dilatation qu'il éprouve.

52. Quoiqu'il soit indifférent, dans une bonne balance, de placer la substance à peser dans l'un ou l'autre bassin, il vaut toujours mieux se servir du même. Cette précaution peut corriger jusqu'à un certain point l'inégalité de la longueur des bras; car, quoique dans

ce dernier cas il doit y avoir une différence entre le poids des deux bassins, cependant comme cette différence est constante, toutes les quantités seront augmentées ou diminuées proportionnellement, et conserveront toujours entre elles le même rapport, tant que les objets auront été placés dans le même bassin; de telle sorte que les produits d'une analyse pourront être aussi exactement évalués que si l'on se fût servi d'une balance parfaite (1). Mais si, au contraire, les produits étaient placés d'abord dans un bassin, et ensuite dans l'autre, ils seraient estimés quelquefois trop haut, et quelquefois trop bas, et bientôt, les erreurs s'accumulant, il n'existerait plus le même rapport entre eux.

La pratique de cette règle est surtout nécessaire dans les opérations où l'on est exposé à de fréquents changements de poids. Supposons que du carbonate de chaux, placé dans un creuset, ait été pesé dans l'un des bassins au moyen de poids placés dans l'autre, si l'on chauffe fortement ce carbonate de chaux, il se transformera en chaux vive, et perdra une partie de son poids. Cette perte ne pourra être déterminée exacte-

(1) Il est une manière de prendre le poids d'un corps qui rend les résultats tout-à-fait indépendans de l'inégalité de longueur des bras de la balance, et qui doit être employée dans toutes les recherches où l'on tend à la précision, parce que quelqu'exacte que puisse être une balance, il y a tant de causes extérieures qui peuvent influer sur la longueur des bras du fléau, que l'on n'est jamais certain d'être à l'abri de cette source d'erreur. Le procédé dont il s'agit est celui des doubles pesées indiqué par le chevalier Borda: il consiste à placer la substance à peser dans l'un des bassins, à en faire exactement la tare au moyen d'un contre-poids quelconque placé dans l'autre; lorsque la balance est parfaitement ajustée l'on ôte la substance, et sans rien changer à l'autre bassin, on la remplace par des poids dont on met une quantité suffisante pour rétablir exactement l'équilibre. C'est la somme de ces derniers poids qui représente celui de la substance; car il est bien évident que, quel que soit le rapport qui existe entre les longueurs des bras du fléau, la substance à peser et les poids qui rétablissent l'équilibre précisément dans les mêmes circonstances seront égaux, et pourront sans erreur être pris l'un pour l'autre.

ment en remettant le creuset et la chaux dans le premier bassin, et y ajoutant des poids pour rétablir l'équilibre; mais il faudra au contraire ôter des poids de l'autre bassin; et si l'on opérât une seconde altération dans les poids, comme en convertissant la chaux en hydrate ou en sulfate, cette différence devrait également être estimée par l'addition de poids au premier, sans jamais mettre de poids dans le bassin où se trouve la substance, tout changement de poids de celle-ci devant être constaté par un changement correspondant de poids dans l'autre bassin.

53. Quand on pèse des matières en poudre fine ou grossière, il ne faut pas les mettre immédiatement sur le bassin : on se sert avec avantage de deux morceaux de verre, ou de deux verres de montre de poids égal; on met l'un dans le bassin au poids, et l'autre dans celui à la substance. Il faut les entretenir propres; ils conviennent surtout en ce qu'ils peuvent résister généralement aux agens chimiques, et permettent d'en détacher la substance par le lavage sans les détériorer. Un seul morceau de verre ou une petite capsule de Wedgewood, avec un contre-poids, rempliront le même but. Mais deux morceaux de papier sont en général plus convenables; il y a très-peu de substances qu'on ne puisse peser dessus. Le papier pressé à chaud est le meilleur, sa surface lisse empêchant l'adhésion des poudres même les plus fines. Il ne faut pas le déchirer, mais le couper, car le côté déchiré retiendrait une partie de la poudre quand elle passerait dessus; l'on peut d'ailleurs aisément le tailler et l'ajuster comme on le désire. Sa flexibilité est très-favorable pour introduire la poudre dans un flacon, ou dans quelque autre petit vase à goulot étroit. On se procure tous ces avantages

par l'usage d'une matière qui a en outre celui d'être à bon marché; l'on distingue aisément le petit nombre de cas où elle offre des inconvénients, comme lorsque la substance à peser est humide et déliquescente : il faut alors se servir de verre ou de métal.

54. Les spatules sont très-commodes pour transporter de petites quantités de poudre d'une place à une autre, pour ajuster des pesées, et il est essentiel surtout d'en avoir une en platine, qui doit être large environ d'un demi-pouce, longue de trois, et assez forte pour ne pas se ployer trop facilement. Un couteau de poche, à lame de platine, est un excellent outil pour un chimiste, et peut parfaitement remplacer, dans la plupart des cas, la spatule ci-dessus décrite. L'on peut aussi, au lieu de spatule d'os ou d'ivoire, se servir avec avantage d'un morceau de papier pressé à chaud; il est même souvent préférable pour ajuster les pesées, en ce que les poudres s'en détachent facilement par la moindre secousse, les feuilles de cuivre et de platine ne pourraient pas servir au même usage, à cause surtout de leur grande élasticité qui expose la substance à être projetée au loin.

Il n'est pas nécessaire pour peser des quantités données de poudre, 100 grains, par exemple, d'amener la balance au repos, toutes les fois qu'on en ajoute ou qu'on en ôte, d'autant plus qu'avec un peu de pratique, on peut le faire sans communiquer à l'instrument d'autre mouvement que celui résultant du changement de poids.

55. Souvent l'on se sert de la balance, simplement pour faire la tare des objets; sans qu'il soit nécessaire de connaître leur poids absolu. Il est très-fréquemment nécessaire, par exemple, de tarer des creusets de pla-



tine, des capsules, des tubes de verre, etc., soit seuls, soit avec leur contenu. Alors on met les contre-poids dans le bassin aux poids, en ajoutant des morceaux de feuilles de plomb ou d'étain, et même de papier, pour établir exactement l'équilibre lorsque la différence est légère. Si, au contraire, elle est considérable, rien de plus commode qu'une lame épaisse de plomb qu'on taille aisément avec un couteau. Il faut même avoir un assortiment de grenaille de diverses grosseurs, qui est pour le même usage. Mais si l'on n'en avait pas sous la main, on pourrait la remplacer par des poids ordinaires, et ajuster la tare avec des morceaux de papier ou de feuilles d'étain. Lorsque la tare est formée de plusieurs morceaux détachés, il est nécessaire de les réunir et de les conserver avec soin pour éviter les erreurs. C'est en cela que les poids creux sont très-utiles : l'on prend le plus grand possible, et l'on place dans son intérieur les substances qui doivent servir à l'ajustement définitif. Si l'on n'avait pas de poids creux, on pourrait se servir d'un morceau de papier lisse, sur lequel on placerait les contre-poids, en ajustant toujours la pesée comme précédemment. Cela fait, on enferme les parties détachées du contre-poids dans le morceau de papier, on enveloppe le tout, l'on examine encore une fois si la pesée est bien juste, et l'on serre cette tare dans le tiroir de la balance ou en tout autre lieu destiné à cet usage, pour la retrouver au besoin. Le poids du papier étant sujet à varier suivant l'état hygrométrique de l'air, il faut avoir soin de le tenir dans un lieu à peu près aussi humide que celui où a été faite la pesée. L'on diminue beaucoup les chances d'erreur en ne le laissant que peu de temps exposé aux vicissitudes de l'atmosphère. On peut même les éviter

en conservant du papier destiné à cet objet dans l'endroit où l'on tient les contre-poids, ou bien en faisant sécher le papier, et en tenant les contre-poids dans un état semblable de siccité.

56. Quelquefois on a à peser des vases ou des substances qui ne se placent pas facilement dans les bassins sans quelque précaution : les tubes, lorsqu'ils sont longs, s'embarassent quelquefois dans la cage qui contient la balance; les flacons sont sujets à se renverser, etc. Dans ces cas on peut souvent peser des tubes longs, tels que ceux dont on se sert dans les analyses de matières organiques, en faisant usage d'une



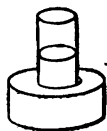
petite bride ou anneau en fil, que l'on fait glisser sur les fils métalliques qui supportent le bassin de la balance, et qu'on élève jusque près du sommet; l'on y passe ensuite la partie supérieure du tube, tandis que la partie inférieure pose sur le bassin. Il se trouve ainsi dans une position à peu près verticale. Dans ce cas, il est nécessaire que la bride et le tube soient arrangés de manière que celui-ci ne touche pas le fléau, et qu'il ne gêne en aucune façon la libre suspension du bassin qui le supporte.

Une bride semblable convient pour soutenir des matras, car en la laissant descendre sur les fils métalliques qui servent à la suspension des bassins, elle fixe le goulot, et maintient le matras dans une position assez verticale pour prévenir la perte du contenu.

57. L'on ajoute dans quelques balances, afin d'en faciliter l'usage, un crochet qui est fixé au fond de chaque bassin; on passe dans ce crochet un fil métallique ou autre, que l'on dispose de manière à pouvoir

soutenir les tubes ou tout autre objet incommode à peser.

58. Lorsqu'on a besoin de peser des liquides, le poids du vase qui les contient doit être connu ou équilibré d'avance, ou bien déterminé par une opération subséquente. Des verres, des matras, des capsules, et de petits tubes, peuvent servir à cet usage. Les verres et les capsules se placent aisément dans le bassin, et le matras peut être soutenu, comme on l'a dit plus haut (56), au moyen de la bride en fil. On peut aussi le placer sur un support circulaire en bois, garni de lisière, et d'un diamètre approprié. Les tubes dans lesquels on pèse ordinairement les liquides dont on ne possède que de petites quantités, ou ceux qui contiennent le produit d'une expérience, devront être placés sur des supports. Il convient pour cela d'avoir toujours



deux cylindres creux, de trois quarts de pouce de haut, pouvant s'ajuster aisément l'un dans l'autre : le plus petit ayant intérieurement un demi-pouce de diamètre, et le plus grand, deux pouces extérieurement.

Par ce moyen les tubes pourront être placés dans une position à peu près verticale. Si le but n'était pas rempli, il serait aisé de faire un support temporaire, avec un bouchon percé d'un trou d'une dimension convenable pour recevoir le tube.

59. Les anneaux garnis de lisières dont nous avons déjà parlé, sont extrêmement utiles dans le laboratoire pour servir de support aux cornues, aux matras, aux ballons, aux récipients, et à tous les vaisseaux de forme arrondie. Il est aisé de se les procurer au moyen d'un cerceau de bois, ou d'une lame de cuivre circulaire, que l'on recouvre de lisière. L'on doit toujours en avoir

dans un laboratoire un assortiment, depuis deux jusqu'à six pouces de diamètre, et de différentes hauteurs.

60. Quand on a besoin d'une quantité déterminée de liquide, on peut l'obtenir aisément par plusieurs procédés. S'il s'agit de peser de l'eau ou de l'alcool, ou une substance n'ayant pas d'action sur le papier, l'on ne doit pas craindre de dépasser le poids, parce que dans ce cas il sera facile d'enlever l'excédant au moyen d'un peu de papier brouillard. A cet effet, on le roule en forme de baguette molle, dont on plonge le bout dans le liquide, une portion sera promptement attirée par l'effet de l'action capillaire. Quand le liquide se sera élevé à environ un pouce dans le papier, ce qui aura lieu instantanément, si l'on arrache la partie mouillée, et qu'on plonge de nouveau l'extrémité du papier dans le liquide, il en absorbera une nouvelle portion. Lorsqu'on déchire le papier, il faut le faire en pinçant fortement avec les doigts la portion qui se trouve un peu au-dessus de la partie mouillée, l'on obtient alors une déchirure inégale qui s'allonge en pointe lorsqu'on la plonge adroitement dans le liquide : l'on peut soustraire à volonté des quantités plus ou moins considérables, et parvenir ainsi facilement à ajuster la pesée. En effet, comme on ne plonge que quelques-uns des filamens du papier dans le liquide, il ne monte que lentement, et l'on en apprécie la quantité par son ascension progressive, de manière qu'avec quelques tâtonnemens on peut ôter précisément la quantité voulue. C'est du moins ce qui a lieu avec l'eau et la plupart des substances aqueuses. Avec l'alcool, et les huiles fixes et volatiles, il n'en est pas ainsi, parce que la partie imbibée ne se sépare pas avec assez de facilité de celle qui est sèche, et ne produit

point cette pointe filamenteuse dont on a parlé. Dans ce cas cependant on peut encore opérer l'ajustement de la pesée à l'aide d'un petit morceau de papier ployé une fois ou deux, ou par quelques-uns des moyens que nous décrirons ci-après.

61. L'on n'éprouve pas de difficulté lorsqu'il s'agit de connaître approximativement le poids d'un liquide quelconque ; car, lors même qu'il serait corrosif, l'on pourrait en enlever la plus grande partie au moyen d'une petite capsule, et alors l'ajustement définitif pourra se compléter en enlevant l'excédant au moyen d'un tube de verre. En plongeant une baguette dans un liquide, et en la retirant rapidement, on peut aisément enlever trois ou quatre gouttes ; la baguette étant nettoyée, ou peut en enlever autant en la replongeant de nouveau : comme la quantité enlevée est proportionnelle en quelque sorte à la surface humectée de la baguette, il est évident qu'en faisant usage d'une baguette qui se termine en cône par le bas, on peut enlever chaque fois la plus petite quantité possible, et arriver à l'équilibre avec précision.

62. Il peut être utile de faire mention d'un autre moyen d'arriver à l'équilibre, sans parler d'une foule de procédés qu'on peut aisément imaginer à mesure que l'occasion s'en présente. Il est quelquefois nécessaire de peser des fluides qui, étant des produits nouveaux ou le résultat d'expériences spéciales, sont nécessairement en petite quantité, ce qui fait craindre d'en perdre la moindre portion. Un tube d'un huitième ou d'un dixième de pouce de diamètre, terminé en tube capillaire, est très-convenable dans cette circonstance. Si l'on en plonge l'extrémité effilée



dans le liquide, que nous supposerons en excès dans la balance, l'attraction capillaire en fera passer une portion dans le tube; s'il n'y en a pas assez d'enlevé, en inclinant le tube, le liquide y entrera en plus grande quantité, en raison de la diminution de la hauteur verticale de la colonne intérieure. Si la quantité enlevée est trop considérable, alors en ramenant le tube dans une position verticale, une portion du liquide repassera dans le vase; on peut donc enlever à volonté plus ou moins de liquide, et arriver à l'équilibre parfait. Si le liquide avait un mouvement trop lent dans le tube, à cause de l'état de sécheresse de l'intérieur, ou de la petitesse de l'orifice inférieur, on peut en faciliter l'entrée ou la sortie, en aspirant ou soufflant par l'orifice supérieur; mais, en général, il faut éviter ce moyen, de peur d'introduire de l'humidité dans le tube. Lorsqu'on est obligé de poser le tube, il faut le placer dans une position presque horizontale, soit sur un verre ou tout autre support (59), évitant avec soin que l'extrémité capillaire ne soit en contact avec tout autre corps. Lorsque l'opération est terminée, l'on ne perd en définitif que la très-petite portion qui mouille la pointe du tube; car la portion qui reste dans le tube lui-même peut être réunie à la quantité primitive.

63. Il faut des précautions particulières pour peser certaines substances qui subissent des changemens rapides, et qui par là sont sujettes à des altérations de poids, durant le temps employé à faire l'opération. Supposons, par exemple, qu'il soit nécessaire de peser de l'hydrate de chlore, obtenu en comprimant dans des feuilles de papier à filtrer les cristaux humides produits à une température au-dessous de ( $4^{\circ} \frac{4}{9}$  centi-

grades), ou qu'on cherche le poids du chlorure hydraté de calcium en cristaux, et séché de la même manière, par compression, le premier s'évaporerait dans l'air, et non-seulement il causerait du dommage à la balance et aux corps environnans, mais aussi il perdrait de son poids, tandis que le dernier en gagnerait, parce qu'il est déliquescent, et cela se ferait si rapidement dans les deux cas, qu'il serait complètement impossible d'obtenir des résultats exacts. On évitera entièrement ces inconvéniens en mettant les substances dont nous venons de parler, non dans le bassin de la balance, mais dans un poids d'eau connu, et en déterminant l'accroissement de poids qui en résultera. Il faut donc, en pareil cas, peser une portion d'eau dans un verre à essai ou dans une capsule, ou même simplement en faire la tare; ensuite, après avoir préparé et séché les cristaux en les comprimant, les mettre promptement dans l'eau, et déterminer leur quantité par l'augmentation du poids; cette dissolution pourra servir aux recherches ultérieures comme les cristaux eux-mêmes. Il est pourtant évident que ce procédé n'est praticable que dans certaines occasions, qui dépendent de la nature de l'expérience à faire, et de l'action de l'eau sur les substances qu'on examine; mais il est souvent très-précieux, et il peut quelquefois servir à lever des difficultés qui autrement seraient insurmontables. Le choix de la substance qui doit recevoir le corps altérable dépend des circonstances, et il faut donner la préférence, tantôt à l'alcool, tantôt à l'eau, et quelquefois à une dissolution acide, alcaline ou neutre.

64. On peut observer ici, que comme dans un grand nombre d'expériences il n'est pas nécessaire d'agir sur telle ou telle quantité de matière, mais qu'il suffit seu-

lement de connaître exactement le poids de celle que l'on emploie, l'on peut se dispenser d'ajouter ou retrancher à cette dernière pour en faire un poids déterminé : l'on se contente ordinairement de noter le poids de la substance tel qu'il se trouve. Je suppose, par exemple, que l'on veut savoir combien un poids déterminé de chlorure de calcium cristallisé peut fournir de chlorure d'argent, il est évident que l'on parviendra à ce résultat en opérant sur une quantité quelconque, et 76 grains ou 43 seront aussi propres à cet effet que le nombre rond 100; alors on conçoit qu'on peut mettre le chlorure de calcium immédiatement dans l'eau qui doit le dissoudre, sauf à le peser après son immersion. Au reste, l'opérateur peut seul juger des cas où il pourra sans inconvénient profiter de la facilité qu'offre cette manière d'opérer.

65. Lorsqu'on veut connaître le poids de substances également altérables, renfermées dans les tubes ou les vases qui ont servi à les recueillir, il faut faire la tare du vase et de son contenu, enlever la substance, le nettoyer soigneusement, le tarer de nouveau; la différence de ces deux poids sera précisément le poids de la substance. Dans tous les cas semblables il faut nécessairement se servir de vases faciles à nettoyer sans être altérés : c'est pour cette raison que les tubes, les vaisseaux en verre, les creusets et capsules de platine, offrent tant d'avantages.

66. Il faudrait peser en vaisseaux fermés les substances qui produisent des vapeurs, et qui par là peuvent endommager la balance : quelques acides, l'ammoniaque, et une foule de mélanges, sont dans ce cas.

67. De petits tubes capillaires faits en étirant un mor-



ceau de tube de verre mince au chalumeau, comme on le décrira ci-après (sect. XX), sont on ne peut plus convenables pour estimer de faibles quantités de produits liquides précieux, ou de certaines substances volatiles, comme l'éther, etc. On peut en général donner au tube la forme qu'on a représentée ci-contre, avec la même



dimension, ou une plus grande, suivant la convenance; après avoir mis ce tube en équilibre avec un contre-poids, on le remplit de la liqueur qu'on veut peser, ce qui se fait en inclinant le tube, et en y plongeant la plus petite extrémité. Lorsque la liqueur y est entrée en quantité suffisante par l'attraction capillaire, on retire le tube; on essuie la petite portion de la surface extérieure qui a été mouillée, et on pèse le tout, ayant soin que le bout ne touche à aucun autre corps; car alors le liquide pourrait être attiré hors du tube. Le poids ayant été déterminé exactement de cette manière, pour qu'il n'y ait rien de perdu pour l'expérience, l'on devra jeter le tube et son contenu dans le liquide ou dans la substance qui doit agir sur la liqueur qu'il renferme, et comme le verre ne saurait avoir aucune influence sur les résultats, on peut le briser et n'y avoir plus aucun égard.

Quelquefois il est désirable de clore hermétiquement un bout, ou même les deux bouts du tube, après qu'il a été chargé de liquide comme ci-dessus; cela se fait aisément en lui donnant la forme ci-contre, c'est-à-dire en le resserrant un peu au-dessus de son extrémité. Dans ce cas, lorsque le tube est rempli autant qu'on le désire, l'on chasse facilement le liquide qui se trouve dans l'étranglement, et l'on bouche cette partie en l'intro-



puisant un instant dans la flamme d'une lampe à esprit de vin. Cette disposition serait suffisante pour conserver le liquide; mais s'il est nécessaire, l'on peut facilement boucher l'autre extrémité à la lampe, comme nous le dirons plus bas.

68. Lorsqu'on ne tient pas à connaître précisément le poids d'une substance, mais qu'on cherche seulement à obtenir un poids double, triple, quadruple, il faut mettre une quantité convenable de cette substance dans l'un des bassins, et s'en servir comme d'un poids pour peser les autres substances dont le poids doit être multiple du premier. Ce mode d'évaluation est souvent utile lorsqu'on fait des mélanges de substances sèches, ou qu'on fait des analyses seulement pour déterminer le rapport en poids des principes que l'on recherche.

69. Dans la plupart des procédés où il s'agit de peser, on ne tient pas compte de l'influence de l'air, et quoique en raison de la densité très-supérieure des corps solides et liquides, comparée à celle de l'atmosphère qui nous environne, les erreurs ainsi produites soient ordinairement sans importance, cependant le chimiste doit être instruit de cette influence, et se tenir en garde contre les effets qu'elle peut avoir. Avec la manière ordinaire de peser les gaz, l'erreur n'existe point; mais elle est quelquefois plus considérable qu'on ne s'y sentit attendu, lorsqu'il s'agit d'expériences faites avec des corps qui sont tantôt à l'état gazeux, et tantôt sous la forme liquide ou solide. Par exemple, dans la production de l'eau par la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène, qui est une expérience importante, et qui a été souvent répétée, le poids de l'eau devrait représenter exactement le poids des gaz combinés. Le

poids des gaz est évalué avec précision par la méthode ordinaire; mais le poids de l'eau, évalué comme on le fait communément, se trouve diminué par l'influence de l'air, ce qui occasionne une différence d'environ  $\frac{1}{630}$ , et pourrait induire en erreur si l'on ne tenait pas compte de cette circonstance.

70. La détermination de la pesanteur spécifique est constamment nécessaire en chimie, et quoiqu'elle rentre en général dans l'art de peser, elle présente des difficultés qui lui sont particulières, et qui demandent de l'attention. On ne se propose point d'entrer ici dans les considérations générales sur cette opération; mais laissant de côté ce qui se trouve dans les ouvrages élémentaires, on se bornera à indiquer les causes d'erreurs, et les moyens d'y remédier. S'il s'agit d'un corps solide, il faut suivre le procédé bien connu, qui consiste à peser le corps d'abord dans l'air, et ensuite dans l'eau, à prendre la différence, puis à diviser le premier poids par cette différence: quoique de faibles erreurs aient encore lieu dans ce cas, à cause de l'influence de l'air dans la première pesée, elles ne sont pas de nature à exiger ici attention.

71. Les balances doivent être munies d'appareils propres à immerger les corps dans l'eau, et à prendre leur poids dans cette situation. La substance qui sert à suspendre le corps immergé au fléau de la balance est ordinairement un crin, et c'est peut-être ce qu'il y a de mieux pour les usages ordinaires. Cependant lorsqu'on n'a pas sous la main de balances hydrostatiques, et que l'on est obligé de se servir d'une balance commune, il faut choisir le fil de suspension parmi les diverses substances propres à cet usage, qui se trouvent dans le laboratoire: il doit être impénétrable et

inaltérable à l'eau ; il ne doit être ni trop épais ni trop faible. S'il est pénétrable à l'eau, comme par exemple un morceau de fil ordinaire, la quantité d'eau qu'il absorbe étant soumise à une variation continuelle, à cause de la différence d'immersion produite par les oscillations de la balance, occasionne un changement dans son poids, qui devrait rester constant ; si l'épaisseur est trop considérable, comme cela aurait lieu en se servant d'une ficelle, l'on serait exposé à deux causes différentes d'erreurs ; l'une, dépendant de la répulsion du liquide ; l'autre, dépendant de l'attraction capillaire, qui ferait monter l'eau à une plus grande élévation dans une corde épaisse que dans une petite, et augmenterait le poids proportionnellement à son diamètre.

72. Ces imperfections deviennent sensibles, surtout lorsqu'il s'agit de substances d'un petit volume, comme des pierres précieuses ; dans ce cas il faudra toujours, autant que possible, se servir d'un fil de cocon. En effet l'eau ne peut l'altérer, il n'a pour ainsi dire pas de poids sensible, et son volume est si petit que la répulsion produite par son immersion dans l'eau est nulle ; il ne produit aucune élévation de fluide à l'endroit où il rencontre la surface du liquide, et ne retient aucune bulle d'air. Mais il n'a que peu de force à cause de son excessive finesse, aussi faut-il éviter de lui donner des secousses trop brusques.

Lorsqu'on n'a pas de fil de cocon, ou qu'on ne pourrait en faire usage, on peut avantageusement y substituer un fil métallique très-fin, et ce n'est que dans le cas d'absolue nécessité qu'il faut avoir recours au fil, à la ficelle fine, ou à toute autre substance composée de plusieurs filamens. Mais si l'on doit se servir

de quelqu'une de celles-ci , le fil de soie est ce qu'il y a de mieux à cause de sa force ; et ce que l'on appelle soie torse , qui n'est composée que d'un petit nombre de filamens tordus ensemble , n'offre aucun inconvénient lorsqu'elle est assez forte. Dans tous les cas il faut prendre la substance qui , étant d'ailleurs d'une force suffisante , est la plus mince et la plus serrée , et il faut toujours faire en sorte que la masse dont on veut connaître la pesanteur spécifique soit aussi considérable que possible , eu égard à la force du fil ; car si on se servait d'un gros fil pour un petit fragment , les nombreuses erreurs que pourrait produire ce fil influeraient sur le résultat d'une manière beaucoup plus grave , que si l'opération eût été faite sur un fragment plus considérable.

73. Il y a plusieurs précautions à prendre relativement à l'immersion du corps dans l'eau qui exigent de l'attention. Pour les opérations délicates il faut se servir d'eau distillée ; mais quand on ne peut s'en procurer dans les occasions ordinaires , on peut la remplacer par l'eau de pluie la plus pure , et même communément par de l'eau de puits ou de source dont on aurait reconnu la pureté. Grand nombre de puits , parmi lesquels on cite les plus profonds de Londres , sont connus pour fournir de l'eau aussi pure ; et même plus pure que l'eau de pluie. L'eau et le corps soumis à l'expérience doivent être à la même température , autrement on donnerait lieu à des courans , qui pourraient influencer sur le résultat. Toutes les expériences délicates doivent être faites à une même température. Celle de 15° nous paraît la plus convenable. Si les expériences étaient faites à des tempé-

ratures très-différentes, les résultats ne seraient plus comparables entre eux.

74. Il n'est pas nécessaire d'ajouter que le corps ainsi que les divers ustensiles qui doivent servir à le contenir, tels que capsules, pinces, etc., doivent être entièrement immergés dans l'eau. Pour que le mouvement de la balance soit parfaitement libre, il faut qu'il y ait au moins un demi-pouce d'eau dans tout sens autour de l'objet. Il faut, avec un pinceau de poil, chasser toutes les bulles d'air qui adhèreraient au corps plongé dans l'eau. Lorsqu'on se sert d'eau prise au fond d'une masse considérable, qui a été exposée au contact de l'air pendant un certain temps, elle est sujette à dégager fréquemment des bulles, soit spontanément, soit par l'immersion d'une substance quelconque, parce qu'elle se trouve dégagée de la pression qu'exercerait sur elle l'eau placée à la partie supérieure. De l'eau puisée au fond d'un puits offre un exemple frappant de cet effet, qui est fort incommode lorsque l'eau doit servir à déterminer la pesanteur spécifique, par le dégagement continuel des bulles d'air. On obvie à cet inconvénient en laissant l'eau exposée au contact de l'air pendant une heure ou deux.

75. Les oscillations de la balance, quoique beaucoup plus lentes que lorsque le corps est pesé dans l'air, doivent être complètement libres. En supposant que la balance soit en bon état, et que le corps soit suspendu dans l'eau avec une liberté parfaite, ne touchant aucune partie du vase, et éloigné de la surface, il peut cependant se présenter une difficulté qui mérite attention, surtout si l'objet est de petit volume,

la balance délicate, et le fil de suspension épais. Supposons, par exemple, qu'on se serve d'un crin de cheval, d'après la manière dont il est mouillé par l'eau, il cause en descendant une légère dépression sur la surface du fluide qui l'environne, et une petite élévation lorsqu'il remonte. Cet effet, qui est très-commun, est produit non-seulement à la première immersion du crin, mais se reproduit dans de certaines limites chaque fois qu'il monte ou qu'il descend; il est évident que cet obstacle occasionera un retard sensible dans les oscillations d'une balance délicate, et en empêchera le mouvement par une force dépendante du poids de la petite colonne d'eau qui s'élève ou s'abaisse par le mouvement du fil. On peut remédier en partie à cet inconvénient en frappant légèrement le vaisseau qui contient l'eau, ou la cage de la balance, de manière à produire un léger tremblement. Toutes les fois que le fil qui sert à l'immersion fait naître à la surface du liquide les changements de niveau dont nous venons de parler, on ne peut compter sur l'équilibre; il faut absolument que la surface de l'eau soit parfaitement plane.

76. La substance qui sert à suspendre le corps se mouille toujours par l'immersion dans l'eau; et, suivant l'étendue de l'oscillation, une portion plus ou moins grande de la partie mouillée est constamment hors du liquide lorsque la balance est en équilibre. Cette circonstance influe sur le résultat de deux manières: d'abord par la quantité d'eau qui adhère au fil de suspension, laquelle varie non-seulement suivant la longueur du fil qui est mouillé, mais encore suivant la nature du corps qui sert à suspendre l'objet; ensuite par la petite élévation de liquide, produite autour du

fil par l'attraction capillaire, et qui est la même quelle que soit la longueur de la partie mouillée. Le poids de l'eau ainsi élevée au-dessus de la surface est représenté par un poids égal dans le bassin opposé, ce qui occasionne une erreur qui, quoique peu importante en général, peut, lorsque le corps est très-petit, avoir un effet sensible.

77. Quoique le poids du fil de suspension ait été équilibré avec la plus grande exactitude dans l'air avant d'y attacher le corps qui doit être soumis à l'immersion, cependant, lorsqu'une partie est plongée dans l'eau pendant l'expérience, le contre-poids ne forme plus un juste équivalent, la partie plongée se trouvant repoussée par une force égale au poids de l'eau qu'elle déplace. La différence serait appréciable avec un fort crin de cheval, et deviendrait d'autant plus considérable que le fil de suspension serait plus gros. Après avoir terminé la pesée, on peut estimer cette différence ainsi que l'effet de la petite élévation de l'eau déjà mentionné, en retirant le corps, plongeant le crin de nouveau, et à la même profondeur qu'auparavant, le laissant s'imprégner au même degré, et voyant ensuite de combien son poids diffère de celui qu'il avait étant suspendu dans l'air à l'état de siccité. Les balances qui sont pourvues d'appareils pour faire des expériences hydrostatiques, ont des contre-poids pour les fils de suspension qui leur font équilibre, tant dans l'eau que dans l'air, et qui donneraient des résultats parfaitement exacts si la même quantité de fil était toujours immergée.

Toutes ces erreurs s'affaiblissent en proportion de la diminution de grosseur du fil de suspension, et lorsque cette ligne consiste en un fil de cocon, elles disparaissent.



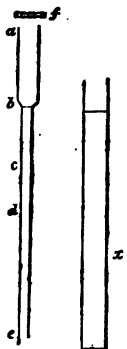
sent presque entièrement. Aussi est-ce la substance que l'on emploie le plus souvent dans les expériences délicates, comme lorsqu'il s'agit de fragmens de pierres précieuses, de petits morceaux de métal, ou d'autres substances rares.

78. Lorsque la substance dont on veut connaître la pesanteur spécifique est soluble dans l'eau, il faut se servir de quelque autre fluide d'une pesanteur spécifique connue, qui ne puisse la dissoudre. Il y a peu de cas où l'on ne puisse se servir pour cela de l'alcool, de l'essence de térébenthine ou de l'huile d'olive.

79. Il n'est point rare que le corps qu'on veut examiner soit poreux comme le coke, ou très-divisé comme le sable et les poudres. Dans ce cas, le procédé du docteur Leslie est si commode, et d'une application si générale, qu'on doit le préférer à tout autre. On peut s'en servir pour les substances solubles ou insolubles, pourvu qu'elles ne dégagent pas de vapeurs; les seules précautions à prendre sont : 1<sup>o</sup> de faire en sorte que le corps ne renferme pas dans son intérieur de cavités qui ne soient en communication avec l'air; 2<sup>o</sup> de détruire la texture cellulaire propre à certaines substances, le charbon de bois, par exemple, et en vertu de laquelle elles condensent dans leur intérieur les gaz et les vapeurs. Il faut, par conséquent, dans le premier cas, concasser la substance de manière à n'obtenir que des fragmens qui n'aient plus de cavités dans leur intérieur; et dans le deuxième, la réduire en poudre assez fine pour détruire son organisation.

L'instrument dont il va être question consiste en un tube de verre *ac*, d'environ trois pieds de long, et ouvert par les deux bouts. La partie évasée *ab* a environ  $\frac{4}{10}$  de pouce de diamètre; la partie *bc*  $\frac{2}{10}$ . Ces

deux parties de l'instrument communiquent en *b* par une ouverture extrêmement fine, qui laisse passer l'air, mais retient le sable ou la poudre. L'orifice *a* est usé de manière à pouvoir se fermer hermétiquement avec la petite plaque de verre *f*. La substance dont on cherche la pesanteur spécifique, du sable par exemple, est placé dans la partie large du tube *a b*, qu'il n'est pas indispensable de remplir entièrement. Le tube étant alors tenu dans une position verticale, on plonge la



partie étroite dans du mercure contenu dans un vase ouvert, jusqu'à ce que ce métal arrive à la hauteur de la gorge *b*. On le bouche hermétiquement en *a*. Dans cet état, il est évident qu'il n'y a dans le tube d'autre air que celui qui se trouve mêlé avec le sable dans la cavité *a b*. Supposons que dans ce moment le baromètre soit à 28 pouces, et qu'on soulève le tube perpendiculairement jusqu'à ce que le mercure soit dans l'intérieur de *b c*, au point *c*, à 14 pouces (ou la moitié de 28) au-dessus de son niveau dans le vaisseau ouvert, il est évident alors que l'air, dans l'intérieur du tube, est soumis à une pression qui est exactement la moitié de la pression atmosphérique, et par conséquent il se dilate, et remplit précisément le double de l'espace qu'il occupait d'abord. Il s'ensuit aussi que puisque l'air est dilaté à deux fois son volume, la cavité *a b* contient juste la moitié de ce qu'elle contenait primitivement; et la cavité *b c*, contenant maintenant l'autre moitié, la quantité d'air dans chacune des parties du tube est égale. En d'autres termes, la quantité d'air dans *b c*

est absolument égale à celle qui est mêlée avec le sable dans  $a b$ , et occupe le même espace que *tout* l'air occupait *avant* sa dilatation. Supposons maintenant qu'on retire le sable, et qu'on répète la même expérience, mais avec cette différence que la cavité  $a b$  ne soit remplie que d'air. Il est évident que la quantité en étant plus grande, l'air, lorsqu'il sera dilaté au double de son volume, sous une pression de 14 pouces, occupera un plus grand espace, et que le mercure ne s'élèvera, par exemple, que jusqu'en  $d$ ; mais l'air dilaté dans le tube étroit, occupe toujours absolument le même espace que le tout occupait sous la pression atmosphérique ordinaire, et cet espace est conséquemment dans un cas  $b c$ , et dans l'autre  $b d$ . Il suit de là que la cavité  $c d$ , qui forme la différence, est égale au *volume de la matière solide du sable*. Maintenant, si l'on adapte au tube étroit une échelle graduée, sur laquelle on puisse lire le poids de l'eau correspondant à ses divisions, l'on connaîtra de suite le poids d'une quantité d'eau égale en volume à la matière solide du sable, et en le comparant avec le poids du sable lui-même, on obtient précisément la pesanteur spécifique de ce dernier (1).

Lorsqu'on n'a pas cet appareil à sa disposition, et que la substance est en petits fragmens, il faut, comme on le fait ordinairement, la mettre dans un petit vase qui doit être taré exactement, d'abord dans l'air, ensuite dans l'eau, absolument comme nous l'avons décrit en parlant du fil de suspension et des pinces.

(1) C'est par erreur que l'on attribue au docteur Leslie l'instrument décrit dans ce paragraphe; il est dû à M. Say, capitaine du génie, mort en Egypte. Il fut publié dans le tome XXIII des *Annales de chimie*, année 1797, avec tous les détails capables d'assurer la réussite de l'expérience; l'auteur avait même déterminé par le calcul la limite des erreurs possibles dans ce genre d'expérience. A.B.

80. On évalue la pesanteur spécifique des fluides, soit en pesant les volumes égaux de chacun d'eux, soit en y plongeant l'aréomètre, instrument qui indique, suivant qu'il s'y enfonce plus ou moins, la pesanteur comparative des substances dans lesquelles on l'introduit. On se procure facilement des flacons qui font connaître le volume du fluide qu'on veut peser; ils sont disposés pour contenir une quantité d'eau distillée, évaluable en nombres ronds, tels que 1000, 800, 500, et 280 grains, etc., et fermés avec un bouchon usé à l'émeri. On parvient à les ajuster exactement en usant la surface inférieure du bouchon jusqu'à ce que, le flacon étant plein d'eau, et le bouchon mis à sa place, la quantité qui reste dans la bouteille et la remplit entièrement soit du volume voulu. Quelquefois, au lieu d'être pleins, les bouchons sont faits avec un morceau de tube de thermomètre épais dont le diamètre intérieur est très-petit, afin de laisser passer librement l'excédant du fluide lorsque le bouchon est mis de force à sa place. Cette disposition est très-convenable pour l'eau ou les fluides peu volatils, quoiqu'à la rigueur elle ne soit pas indispensable; mais avec les fluides très-volatils, comme l'éther, elle offre un inconvénient. Non-seulement il y a une petite surface exposée à l'évaporation, mais, en raison de l'impossibilité où l'on est de polir assez exactement un bouchon, pour que, lorsqu'il est en place, il ne laisse point passer un peu de liquide, l'évaporation se trouve accélérée; car l'éther, par exemple, passant par l'attraction capillaire entre le bouchon et le goulot, s'évapore sur les bords, et cet effet, qui est favorisé par l'air qui rentre par l'ouverture du centre, cause une diminution rapide dans le volume du fluide; tandis

que si le flacon avait été fermé avec un bouchon plein, quoiqu'il s'évapore toujours un peu de fluide autour du goulot, cette évaporation cesse bientôt, parce que l'air ne peut entrer pour prendre la place du fluide, et le volume ne se trouve pas sensiblement diminué.

81. On fait, pour prendre les pesanteurs spécifiques, des flacons de différentes dimensions, et qui tous sont accompagnés d'un poids qui représente ce que pèse le flacon rempli d'eau distillée, la quantité d'eau nécessaire ayant été d'avance déterminée, et marquée sur le vase lui-même. Il suffit pour prendre la pesanteur spécifique de tout autre liquide, d'en remplir le flacon, d'en déterminer le poids en observant de combien il est plus lourd ou plus léger que le poids livré avec l'instrument, et de diviser le poids du liquide par le poids de l'eau distillée. Il est nécessaire, dans ces sortes d'expériences, d'avoir égard à la température, et, lorsqu'on le peut, il est mieux de les faire au même degré; car sans cela il faudrait, pour rendre les résultats comparables, faire par le calcul les corrections nécessaires, ce qui dans beaucoup de cas serait fort difficile. Par la même raison il faut éviter de toucher le flacon avec la main nue de peur de l'échauffer, et d'affecter ainsi le volume du liquide qu'il contient: en introduisant le bouchon on a soin d'essuyer avec un linge le liquide qui déborde; ce linge peut en même temps servir à prévenir le contact immédiat de la main; dans tous les cas, il faudra toujours, lorsqu'on aura besoin de manier le flacon, ne le toucher que par le rebord du goulot.

82. Il est en outre nécessaire que le flacon ne contienne pas autre chose que la substance que l'on veut peser. Pour cela on le rince soigneusement après cha-

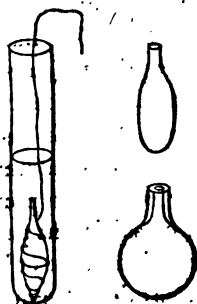
que expérience, en employant de l'eau distillée pour les deux ou trois derniers lavages, et lorsqu'on l'a bien séché il ne reste plus, pour procéder à une autre expérience, qu'à y verser le liquide et à peser. Mais comme il serait incommode et inutile de sécher le flacon à chaque expérience, l'on peut, lorsqu'il s'agit de déterminer successivement la pesanteur spécifique de différentes dissolutions, le laisser humide; alors si l'on possède une suffisante quantité de la substance qu'on veut peser, et qu'elle puisse se mélanger avec l'eau, comme le ferait une eau minérale, de l'alcool, ou toute autre solution aqueuse, il faut s'en servir pour rincer le flacon deux ou trois fois avant de le remplir pour le peser. Si la substance est en petite quantité, qu'elle soit grasse, et ne se mélange pas avec l'eau, il faut nécessairement laver le flacon et le faire sécher.

83. Lorsqu'on achète ces instrumens chez le fabricant, il faut avoir soin de les vérifier avant de s'en servir. A cet effet, il faut bien nettoyer et sécher le flacon et le bouchon, et après les avoir mis à une température de  $15^{\circ}$  cent., il faut les peser. On remplit alors avec soin le flacon d'eau pure à  $15^{\circ}$ , et l'accroissement de poids, qui représente le poids de l'eau ajoutée, doit correspondre avec ce qui est marqué sur le poids ou sur le bouchon; en un mot, le poids du flacon et celui de l'eau, ajoutés, doivent balancer exactement le poids fourni avec le flacon. Si le fabricant construit ses instrumens pour une température autre que  $15^{\circ}$ , c'est en vain qu'on s'attendrait à rencontrer une correspondance exacte avec les résultats obtenus à  $15^{\circ}$ ; mais il faut que l'ouvrier opère toujours à une température connue et constante, dont l'acheteur doit être instruit :  $15^{\circ}$  sont pour plusieurs

raisons une température préférable à toute autre.

84. Les instructions que nous venons de donner pour la vérification d'un flacon fait exprès pour déterminer la pesanteur spécifique des liquides, peuvent aisément mettre tout le monde à même de le remplacer au besoin. Il n'y a qu'à choisir un petit flacon bien bouché, d'une capacité convenable, le nettoyer, le sécher et le peser, puis s'assurer comme ci-dessus, de la quantité d'eau qu'il peut contenir. Le poids de cette eau servira de diviseur pour le poids du liquide dont on le remplira, et le quotient sera la pesanteur spécifique de ce dernier.

85. Souvent de petites ampoules en verre ou boules creuses, soufflées au bout d'un tube en verre, ou même de petites boules de thermomètre comme celles



représentées en marge, sont utiles pour déterminer la pesanteur spécifique des liquides précieux. Après avoir fait la petite boule, comme on le décrira plus loin, on la tare, et on y adapte un fil de platine pour pouvoir la manier; on la fait chauffer à la lampe à esprit de vin, on la plonge dans le liquide contenu dans le tube; par le refroidissement,

il s'y en introduira une petite quantité; on retire la boule, on la fait chauffer de nouveau, et on la replonge; il y entrera alors une nouvelle portion de liquide. L'on répètera cette opération jusqu'à ce qu'il ne reste plus dans la boule qu'une petite bulle d'air, qu'il sera facile de chasser ensuite en faisant chauffer le grand tube qui contient l'ampoule et le liquide, comme le représente la gravure: le liquide se dilatera,

par l'action de la chaleur, et forcera l'air à sortir; plongeant alors le bas du tube dans l'eau froide pour abaisser la température, à mesure que l'air dilaté se dégage, le liquide entrera dans la petite boule; et, en répétant deux ou trois fois ce procédé, c'est-à-dire en chauffant et faisant refroidir le grand tube, on parviendra à remplir exactement la boule.

86. Cette manière de remplir des boules est très-souvent nécessaire dans le cours de certaines recherches, et entre autres dans les analyses de substances organiques. Il est donc nécessaire d'indiquer une ou deux circonstances de l'opération qui exigent la plus grande attention. Lorsque la boule est pleine aux quatre cinquièmes, et qu'on cherche à la remplir par l'application de la chaleur au tube qui la contient, il peut se faire que la bulle d'air ne sorte point de l'ampoule,



parce que le fluide qui y entre reste dans le haut du tube, retenu par l'attraction capillaire (*voyez la fig. en marge*), et ressort ensuite lorsqu'on élève de nouveau la température. Dans ce cas, il est nécessaire, avant d'appliquer la chaleur, de faire changer de place à l'air et à cette portion de fluide, ce qui se fait aisément, en saisissant par la partie supérieure le tube qui renferme l'ampoule et le liquide, et lui donnant une forte secousse; de cette manière, par l'effet de la force centrifuge, tout le fluide, excepté celui qui est contenu dans l'extrémité la plus étroite du col de l'ampoule descendra, et sera remplacé par l'air; on chauffe alors le tube et l'ampoule pour chasser cet air, et introduire de nouveau fluide, sur lequel on opérera encore de la même manière si cela est nécessaire. S'il y avait quelque inconvénient à imprimer à tout le tube une forte secousse, on pourrait en



retirer l'ampoule, et en la tenant par le fil métallique ou même avec la main, l'agiter de la même manière, et parvenir au même résultat.

87. Il se peut encore que le fluide soit volatil, et susceptible de s'évaporer par cette élévation souvent répétée de la température; alors en chauffant le tube on le bouche avec l'index de la main gauche, en le tenant avec le pouce et le doigt de milieu (*voy. la fig. en marge*); on le laisse refroidir sans ôter le doigt, et l'on s'oppose ainsi à toute évaporation.



88. Cette manière d'opérer exige un peu d'habitude pour que l'on puisse en retirer tout l'avantage possible; l'on peut ainsi chauffer sans perte un liquide volatil, de l'éther, par exemple, jusqu'à ce que sa vapeur ait acquis la force de deux ou trois atmosphères, si toutefois le tube est assez fort pour soutenir cette pression. Quant à la portion d'air ordinaire contenue dans le tube, on la laisse s'échapper ou on la retient suivant la nécessité (855). Cet air peut servir quelquefois à diminuer l'action de la chaleur sur les doigts, comme on pourra l'éprouver.

89. Revenons au liquide dont on a rempli l'ampoule: après avoir laissé refroidir celle-ci, on la retire en faisant égoutter l'extérieur autant que possible; on détache ensuite le fil métallique, on essuie bien la surface, puis on la pose sur un support de liège (58), et on la pèse. Comme on doit ensuite la remplir d'eau, il faut d'abord en faire sortir le liquide; et pour cela, replacer

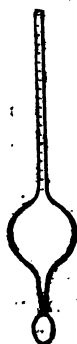
le fil métallique, renverser l'ampoule de manière que l'ouverture soit à l'entrée du tube où le fluide doit retourner, chauffer légèrement dans cette situation : il en sortira une partie du liquide, ou même le tout, s'il est volatil; sinon, en la laissant refroidir, il y rentrera une bulle d'air, et une seconde ou troisième application de la chaleur en déplacera tout le liquide. On y introduit alors un peu d'eau qu'on en fait sortir par le même procédé, ce que l'on répète deux ou trois fois afin de la nettoyer. On doit ensuite la remplir entièrement d'eau, et la peser comme la première fois, après le refroidissement : on connaît ainsi le poids de volumes égaux de fluide et d'eau distillée, et par conséquent l'on a facilement la pesanteur spécifique.

90. Malgré l'ordre que nous avons suivi dans la description de ce procédé, il vaut mieux en général, après avoir pesé l'ampoule, commencer par y introduire l'eau, en prendre le poids, et ne s'occuper qu'en second lieu du liquide, objet de l'expérience; car s'il arrive un accident en opérant avec l'eau, et que l'ampoule se brise, cela n'a aucune conséquence pour le fluide précieux sur lequel on doit opérer. D'ailleurs, il est toujours aisé de faire sortir de l'ampoule l'eau qui a servi à la première partie de l'expérience, tandis qu'il n'est pas toujours aussi commode de chasser les dernières parties d'une substance qui peut être décomposable par la chaleur, ou insoluble dans l'eau. On peut vider l'ampoule de l'eau qu'elle contient; d'abord en jetant la plus grande partie, comme nous l'avons décrit plus haut, ensuite en la faisant chauffer sur la flamme d'une lampe à l'esprit de vin, ou dans de l'air chaud, pour convertir en vapeur le reste de l'humidité; on l'expose pendant quelque temps à la chaleur,

ou si cela avait des inconvéniens, on la ferait refroidir pour condenser la vapeur aqueuse et rentrer l'air. Exposée de nouveau à la chaleur, l'eau condensée se volatilise, et une portion se trouve entraînée à l'extérieur par l'air qui s'échappe; on la fait refroidir et chauffer de nouveau, et au bout de trois ou quatre opérations l'ampoule est parfaitement sèche.

Pour abrégé l'opération on fait refroidir d'abord la partie voisine de l'ouverture en la touchant avec un corps froid (1242), ce qui détermine la condensation de l'humidité sur ce point, puis en chauffant aussi cette partie la première; de cette manière l'air entraîne l'eau plus promptement; mais on ne peut saisir et bien apprécier ces perfectionnemens que par la pratique. Toutes les fois qu'on expose l'ampoule à la chaleur dans des expériences relatives à la pesanteur spécifique, il faut avoir bien soin que cette chaleur ne soit pas assez forte pour amollir le verre, lorsque l'un des fluides a déjà été pesé, sans quoi la forme et la capacité du vase se trouveraient altérées, ce qui forcerait à recommencer l'opération, et rendrait inutile la peine qu'on aurait déjà prise.

91. On détermine souvent la pesanteur spécifique des liquides par l'aréomètre, instrument bien connu et d'une grande utilité, toutes les fois qu'on a besoin de résultats prompts qui n'exigent pas une extrême précision; mais il faut des précautions extrêmes pour en obtenir des indications constamment comparables. La tige de l'instrument qui coupe la surface du liquide est sujette à présenter les mêmes inconvéniens que le fil de suspension que l'on emploie dans la détermination de la pesanteur spécifique des



corps solides, inconvéniens qui sont même souvent plus graves à cause de la plus grande dimension de la surface mouillée. Si la surface est difficilement mouillée par le liquide dans lequel flotte l'instrument, on verra, après quelques essais, qu'il est aisé de le faire tenir stationnaire dans le même liquide à plusieurs hauteurs différentes, de manière à produire une variation de deux ou trois degrés et même davantage; et lorsque la tige se mouille facilement ou qu'on a soin de l'humecter exprès, on peut encore produire les mêmes effets, non-seulement dans les fluides visqueux, mais même avec l'eau et les dissolutions aqueuses; de là beaucoup de sources d'erreurs dans les indications de l'instrument et contre lesquelles on doit se tenir en garde; il faut tenir l'aréomètre parfaitement propre, essuyer avec soin toute substance grasse ou onctueuse résultant du contact des doigts. Lorsqu'on le met dans le fluide, il faut le laisser s'enfoncer graduellement jusqu'à ce qu'il s'arrête, et alors le pousser environ un pouce plus bas, ce qui lui donnera une force ascendante, et mouillera une partie de la tige; on frappe ensuite légèrement le vase contenant le fluide pour occasioner une légère vibration, puis laissant l'instrument reprendre son état de repos, on observe le degré où il s'arrête. On le soulève alors à environ un demi-pouce hors du fluide, en donnant de nouveau une légère secousse au vase, on le laisse s'enfoncer doucement, et l'on observe s'il prend la même position qu'il occupait d'abord; si la position est la même, l'observation est, sous ce rapport, aussi juste qu'elle puisse l'être.

92. Si le fluide est visqueux, l'instrument est plus exposé à donner des indications inexactes, tant par

la difficulté avec laquelle il s'enfonce ou s'élève au point où son véritable poids le fixerait, que par la plus grande adhérence du liquide autour de la tige. Si le fluide est trouble et bourbeux, ce n'est plus la pesanteur spécifique du fluide lui-même qu'on obtient, mais celle du mélange. Il y a des précipités qui sont plusieurs jours et même plusieurs semaines à se déposer, et qui sont cependant assez pesans pour augmenter sensiblement la pesanteur spécifique du tout; et M. P. S. Girard a reconnu (1) qu'il existe une espèce d'attraction moléculaire entre les particules contenues dans le fluide, et qu'elle est suffisante pour repousser l'aéromètre par une force non-seulement égale à l'augmentation de densité, mais beaucoup plus considérable. Les brasseurs et autres fabricans ont souvent besoin de connaître la pesanteur spécifique d'un mélange de matière solide et liquide, afin de juger par l'enfoncement plus ou moins considérable de l'instrument des quantités relatives de matières solides et liquides sur lesquelles ils opèrent; mais si l'effet dont nous parlons ici existe constamment, il doit y avoir une cause d'erreur dont ils ne tiennent pas compte, à moins toutefois que les instrumens dont ils se servent n'aient été gradués sur des fluides de la même nature que ceux qu'ils veulent examiner. Il est probable néanmoins que cette erreur est assez légère pour n'être d'aucune importance dans des opérations qui exigent aussi peu de précision que les leurs.

93. Dans toutes les expériences faites par l'aéromètre, le liquide s'élève autour de la tige, comme nous

(1) Des atmosphères liquides et de leur influence sur les particules solides qu'ils enveloppent. (Mémoires de l'Académie royale des sciences, IV, 1819, 1820.)

l'avons déjà dit (76), ce qui occasionne une courbure dans sa surface. Quelques personnes observent sur la tige le degré qui coïncide avec le milieu de cette courbe, d'autres avec le haut, d'autres avec le bas. Il est nécessaire, pour obtenir des résultats comparables, de prendre toujours le degré à la même partie de la courbe. Si l'instrument a été gradué par une suite d'expériences, et les divisions marquées sur la partie de la courbe sur laquelle on les observe ensuite, les indications de l'instrument auront toute l'exactitude désirable sous ce rapport. Comme la force qui cause l'élévation du fluide autour de la tige tend à enfoncer l'instrument, on se rapprochera plus de la vérité en prenant le degré indiqué par la partie inférieure de la courbe qu'en prenant celui qui correspond à la partie supérieure. Mais l'étendue de la courbe elle-même varie, non-seulement à cause des différences dans la pesanteur spécifique du liquide, mais encore en raison de sa viscosité.

94. La considération de la température n'a pas moins d'influence dans cette manière de prendre la pesanteur spécifique que lorsqu'on la prend en pesant le liquide dans un flacon.

95. Avant de se servir d'un aëromètre, il faut l'essayer dans des dissolutions dont la pesanteur spécifique a été déterminée par la balance. Il n'est pas nécessaire pour cela de faire beaucoup d'essais, il suffira de l'épreuve suivante. Assurez-vous d'abord avec deux fluides de pesanteur spécifique différente que le point indiqué à chaque extrémité de l'échelle est exact, suspendant alors l'aëromètre à l'un des plateaux d'une bonne balance, mettez-le dans une dissolution aussi légère et même plus légère qu'aucune de celles qu'on

peut évaluer sur l'échelle, en le soutenant par des poids placés dans l'autre plateau, de manière que la surface du fluide coupe l'échelle dans sa partie inférieure. Ajoutez successivement des poids égaux au plateau auquel est suspendu l'aéromètre, et observez de combien il descend chaque fois; si cette quantité est égale à celle marquée sur l'échelle, alors les divisions sont égales en volume et la graduation est exacte; si les distances sont inégales, la graduation est inexacte et ne correspondrait pas avec les résultats obtenus au moyen de la balance. Plus les points ainsi observés sont nombreux, c'est-à-dire plus le poids ajouté chaque fois est léger, plus l'épreuve est exacte et concluante (1).

96. On se sert fréquemment de boules de verre soit pleines soit creuses, pour déterminer la pesanteur spécifique des fluides. Si une boule de verre suspendue à une balance est entièrement plongée dans un liquide, elle sera repoussée par une force égale au poids du liquide qu'elle déplacera, et son poids paraîtra diminué d'autant. En la plongeant successivement dans différens liquides, on connaîtra le poids de volumes égaux de ces liquides, car la boule déplace chaque fois le même volume, l'on obtiendra facilement alors les différentes pesanteurs spécifiques. Les précautions nécessaires pour faire cette expérience sont les mêmes que celles dont nous avons prescrit l'observation, en parlant de la pesanteur spécifique des corps solides (71—77).

97. Quelquefois on se sert de boules creuses de dif

(1) Voyez Moore sur les divisions de l'hydromètre. (Journal philosophique de Dublin.)

férentes densités que l'on place dans le liquide ; celles qui sont trop pesantes tombent au fond , et celles qui sont trop légères surnagent. On évalue ainsi la densité de quelques dissolutions que l'on fait évaporer en grand. L'eau de mer, par exemple, dans les salines est concentrée par l'exposition à l'air jusqu'à ce qu'elle ait acquis une certaine densité ; et l'on s'en assure au moyen de deux boules de verre disposées à cet effet , dont l'une doit gagner le fond et l'autre surnager. On se sert rarement de ce procédé pour les recherches chimiques ; mais on peut voir un exemple frappant de la précision dont il est susceptible dans quelques cas , dans l'article de M. Crichton sur le maximum de densité de l'eau , où se trouvent aussi d'excellens préceptes de manipulation (1).

98. La détermination de la densité des liquides produits par la condensation des gaz a offert une application heureuse de l'emploi de ces boules de verre, dans les cas où les autres moyens ne sont pas praticables. Les boules dont on fit usage pour cela étaient très-petites, et faites comme nous les décrirons ci-après (Sect. XIX) : on avait reconnu leur pesanteur spécifique en les mettant dans différentes dissolutions de pesanteur spécifique connue ; les boules ainsi préparées furent introduites dans les vases où les gaz devaient être condensés. Alors on put déterminer approximativement la densité du fluide qui les entourait , suivant que les bulbes s'enfonçaient ou surnageaient , et l'on parvint ensuite à un plus grand degré de précision , en répétant les expériences avec des boules plus lourdes ou plus légères.

(1) Annales de philosophie, nouvelle série, vol. 40t.



99. Tous les moyens qui peuvent remplacer la balance, quoique rarement nécessaires, sont, dans plusieurs circonstances très-précieux, et il y a peu de voyageurs cultivant les sciences qui n'en aient senti le besoin. M. Bevan recommande à cet effet un arc muni de sa corde (1) : cet arc peut au besoin être fait avec un morceau de baleine, une baguette flexible ou toute autre substance; alors le suspendant par son milieu, on attache le corps que l'on veut peser au milieu de la corde; on observe la courbure qu'il y occasionne, ou, ce qui est mieux encore, on marque le point où descend la partie de la corde à laquelle l'objet est suspendu. Otant alors la substance, et la remplaçant par des poids jusqu'à ce qu'ils produisent la même courbure, on obtient le poids de la substance; une baguette, un bâton ou tout autre corps élastique, solidement fixé par une de ses extrémités, et chargé à l'autre d'une substance quelconque, pourra donner aussi une indication du poids de cette dernière : les moyens d'adapter à une semblable balance un plateau temporaire pour recevoir la substance et les poids, et une échelle pour mesurer le point où ils descendent, sont si simples et si aisés à trouver, qu'il est inutile d'en parler.

100. La description suivante d'une balance d'une grande précision et d'une construction facile est extraite d'une lettre du docteur Black à M. Smithson (2); elle contient des renseignemens précieux pour les personnes qui sont dans l'impossibilité de se procurer facilement une bonne balance. « L'appareil dont je me sers pour peser de petits globules de métal, ou

(1) Technical Repository, vi, 196.

(2) Annales de philosophie, nouvelle série, x, 52.

» autres objets semblables, est construit de la ma-  
 » nière suivante : Je prends une planche mince de  
 » bois de sapin, de l'épaisseur d'un shilling seulement  
 » et longue d'un pied, large au milieu de 0,3 de pouce,  
 » et de 0,15 de pouce à chaque extrémité, je la divise  
 » par des lignes transversales en 20 parties, c'est-à-dire  
 » 10 parties de chaque côté du milieu. Ce sont les di-  
 » visions principales, et chacune se subdivise en moi-  
 » tiés et en quarts. Au milieu je place, pour servir  
 » d'axe, une aiguille des plus fines que j'aie pu me pro-  
 » curer et qui est ajustée sur la petite planche, au  
 » moyen d'un peu de cire à cacheter. Les numéros des  
 » divisions partent du milieu, en augmentant vers les  
 » extrémités de la planche. Le *fulcrum* ou support est  
 » une plaque de cuivre qui pose à plat sur une table;  
 » elle est courbée à angle droit de telle manière que  
 » ces deux extrémités se relèvent verticalement. Elles  
 » doivent être usées en même temps sur une pierre  
 » plate à aiguiser, d'un grain très-fin, afin que les deux  
 » surfaces du rebord soient parfaitement sur le même  
 » plan. Ces rebords sont assez éloignés pour que, lors-  
 » que l'aiguille est en place, il reste une espace assez  
 » grand entre eux et la planche pour qu'elle puisse jouer  
 » librement. Ils ne s'élèvent au-dessus de la surface de  
 » la table que de 1 dixième et demi ou 2 dixièmes de  
 » pouce, de sorte que le mouvement de la petite planche  
 » (*voyez la figure*), se trouve borné à peu de chose. Les  
 » poids dont je me sers sont un globule d'or qui pèse  
 » un grain, et deux ou trois autres pesant chacun un  
 » dixième de grain. Je me sers aussi d'un grand nombre



» de petits anneaux de fil de laiton très-fin , faits d'a-  
 » près la méthode de M. Lewis. Cette méthode consiste à  
 » donner au fil de laiton la forme d'une spirale en le  
 » roulant sur un fil métallique d'un plus grand diamètre  
 » et bien calibré ; lorsque les deux extrémités de la spi-  
 » rale ont été solidement fixées sur le gros fil , je serre  
 » ce dernier dans un étau ; puis , avec un couteau bien  
 » tranchant , que j'applique dans le sens de la longueur  
 » du fil et sur lequel je frappe avec un marteau , je coupe  
 » d'un seul coup un grand nombre de petits anneaux ,  
 » qui sont aussi exactement égaux entre eux que pos-  
 » sible. Ceux dont je me sers représentent chacun la  
 » trentième partie d'un grain , ou , en d'autres termes ,  
 » 300 pèsent 10 grains ; j'en ai d'autres encore plus  
 » légers.

» Il est aisé de voir qu'au moyen de ces poids placés  
 » à différentes parties de la planche , je puis connaître  
 » le poids des plus petites masses depuis un grain , ou  
 » un peu plus , jusqu'à  $\frac{1}{1100}$  de grain. Car si l'objet dont  
 » je veux avoir le poids pèse un grain , en le plaçant à  
 » l'une des extrémités du fléau , il équilibrera le gros  
 » poids d'or à l'extrémité opposée. S'il pèse un demi-  
 » grain , il équilibrera le même poids placé au numéro  
 » cinq. S'il pèse 0,6 de grain , l'équilibre sera rétabli  
 » en plaçant le gros grain d'or sur cinq , et un des plus  
 » légers à l'extrémité ; enfin s'il pèse seulement un , deux ,  
 » trois ou quatre centièmes de grain , il sera contre-pesé  
 » par un des petits poids d'or placés à la première , à la  
 » seconde , à la troisième ou à la quatrième division.  
 » Si , au contraire , il pèse un grain et une fraction , il  
 » sera contre-pesé par le gros poids d'or placé à une  
 » extrémité , et par un ou plusieurs des petits placés sur  
 » une autre division du fléau.

» Cette balance m'a servi jusqu'ici pour toutes mes opérations ; mais s'il m'en fallait une encore plus délicate, je pourrais la faire aisément en choisissant une feuille de bois beaucoup plus légère et plus mince, et une aiguille encore plus fine. Il serait encore facile d'y ajouter, pour la commodité, de petits plateaux en papier. » Dans ce cas, il faudrait élever le *fulcrum* sur un piédestal, ou tout autre support convenable.

101. Lorsqu'on se sert de cette balance, il faut toujours placer et vérifier les poids sur le même côté où l'on pèse la substance, afin d'éviter autant que possible les irrégularités de la machine. Ainsi, l'on met la substance que l'on veut peser dans un des plateaux, et on l'équilibre par des contre-poids, du sable, par exemple, ou autre chose convenable placée dans l'autre ; ôtant ensuite la substance, on la remplace par des poids dont on met une quantité suffisante pour rétablir l'équilibre : la somme de ces poids sera le poids cherché de la substance. Ou bien, si l'on a besoin d'une quantité déterminée, on équilibre d'abord le poids que l'on veut obtenir, puis on le remplace par la substance que l'on veut peser. Par ce moyen on compense l'inégalité qui pourrait se rencontrer entre les deux bras.

102. L'on peut faire de plusieurs manières, avec des lames métalliques ou toute autre substance, des contre-poids qui soient égaux, doubles, triples, etc., d'un poids donné, et qui sont utiles dans plusieurs circonstances ; l'on conçoit qu'il est facile d'établir au besoin leur rapport avec des poids connus. Si l'on prend un fil de laiton d'un diamètre bien égal, et que l'on coupe sur ce fil des longueurs qui soient entre elles dans un certain rapport, il est évident que les poids de ces morceaux seront entre eux dans le même rap-

port; la seule précaution à prendre est de reconnaître si l'épaisseur du fil est constante, ce dont on s'assure jusqu'à un certain point, en prenant à chacun des bouts des morceaux d'égale longueur, et vérifiant si leur poids est égal: il faut aussi, pour la commodité de la pratique, que le plus petit poids n'ait pas moins d'un demi-pouce de longueur. Quelquefois les produits d'une expérience sont équilibrés provisoirement par des morceaux de plomb, dont on peut plus tard déterminer le poids.

103. Nous avons déjà décrit dans la lettre du docteur Black (100) une méthode pour obtenir de petits poids; mais M. Smithson trouve préférable de déterminer d'abord le poids d'un fil métallique, et d'en prendre ensuite une longueur suffisante pour représenter le poids dont on a besoin. En se servant de fil fin, on peut se faire ainsi un assortiment de petits poids avec beaucoup de précision et de facilité. On obvie à l'inconvénient que présenterait une grande longueur de fil pour les poids un peu considérables, en le roulant en anneaux autour d'un corps cylindrique.

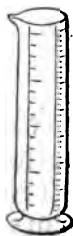
104. Le tableau suivant de l'évaluation des différens poids ne peut manquer d'être souvent fort utile dans un laboratoire.

|                                                 | GRAINS: |
|-------------------------------------------------|---------|
| Livre, avoir du poids (ou de 16 onces). . . . . | 7000    |
| Once, avoir du poids. . . . .                   | 437,5   |
| Livre troy (ou de 12 onces). . . . .            | 5760    |
| Once troy. . . . .                              | 480     |
| Gramme. . . . .                                 | 15,4063 |
| Décigramme. . . . .                             | 1,5406  |
| Centigramme. . . . .                            | 0,1540  |
| Milligramme. . . . .                            | 0,0154  |

## SECTION III.

*Mesures, mesurage.*

105. Les travaux ordinaires d'un laboratoire n'exigent d'autres mesures que celles servant à déterminer le volume des liquides et des gaz. Ainsi, deux mesures différentes sont nécessaires: la pinte et le pouce cube. On peut employer pour mesure de pinte celles qui sont dans le commerce, soit coniques, cylindriques, ou de toute autre forme, en verre, et graduées; mais il faut toujours avoir soin de les vérifier avant de s'en servir. Lorsque la même mesure doit servir à des grandes et des petites quantités, la forme conique est préférable à la forme cylindrique; car dans les petites divisions la surface du liquide, ayant moins d'étendue, permet par conséquent de déterminer plus exactement le volume; mais il vaut mieux avoir deux ou trois mesures de différent diamètre. La mesure de pinte est ordinairement divisée en 16 parties, dont chacune s'appelle une *once de liquide*, quoique souvent les liquides qu'on y mesure sous ce volume pèsent plus ou moins d'une once. Le vase doit avoir deux graduations en regard, afin que, lorsqu'on détermine le volume d'un fluide, on puisse, pour plus d'exactitude, en observer la surface sur deux côtés opposés. Une mesure de pinte, de demi-pinte et de quart de pinte, semblable à celle représentée en marge, doit exister dans tous les laboratoires.



Il est encore utile d'avoir sur la même mesure une échelle en pouces cubes, placée de chaque côté, à égale distance des deux premières.

106. Ces mesures doivent être graduées suivant le dernier étalon adopté par le parlement, d'après lequel la pinte doit contenir 8750 grains d'eau à 16° 67 cent., le baromètre étant à 0° 76 cent., le pouce cube doit être de 252,458 grains d'eau à la même température et à la même pression (1). On vérifie l'exactitude de ces mesures en les mettant en équilibre dans une balance, et ajoutant successivement un poids d'eau égal à celui qui doit correspondre aux divisions de l'instrument. Si la surface du liquide ne correspondait pas exactement avec le degré indiqué sur l'échelle, on marquerait ce point par un trait de diamant ou de lime.

107. Il faut, pour se servir de ces vases gradués, avoir une place particulière sur une table solide et bien dressée, qui leur soit exclusivement réservée. Lorsque la mesure y est placée, elle doit être parfaitement verticale, et, après y avoir introduit le poids d'eau nécessaire, on observe si la surface du liquide coïncide parfaitement avec les deux divisions opposées, ce qui se fait facilement en amenant l'œil au niveau du liquide, et observant l'élévation de l'eau sur les divisions latérales dont nous avons dit que l'instrument était pourvu. Lorsqu'on est obligé de faire une suite d'observations, il faut toujours avoir grand soin de se placer dans les mêmes circonstances.

108. Lorsque le verre est susceptible d'être mouillé par le liquide, il y a une élévation sensible du fluide

cent. cubes.

gramme.

(1) Le pouce cube anglais vaut 16,38648,

et le grain 0,06475

autour de la paroi intérieure, ce qui peut induire en erreur, à moins que le vase ne soit extrêmement étroit; il faut alors compter la hauteur, non pas de la partie supérieure de la courbe ou de son milieu, mais du niveau général du liquide; il faut d'ailleurs procéder de la même manière que pour la vérification. Si l'on mesurait du mercure, il y aurait alors une dépression sensible du liquide autour du verre; mais dans ce cas, comme précédemment, il faut encore prendre le niveau général.

109. Lorsque l'opération exige une grande précision, comme l'analyse d'une eau minérale, il vaut mieux la mesurer dans un matras de verre à col (*voyez la fig. en marge*), d'une capacité telle, qu'en y mettant



exactement une pinte d'eau, le liquide arrive dans le col jusqu'à une certaine élévation que l'on aura marquée soigneusement avec un diamant ou une lime. La surface de l'eau, à l'endroit où l'on détermine le volume, est si petite, qu'il est presque impossible qu'il y ait la moindre erreur d'observation, si l'on opère toujours à la même température. Il suffit d'avoir deux matras de ce genre, l'un de pinte, et l'autre de demi-pinte; mais, en général, les petites quantités de liquide s'évaluent mieux par leur poids que par leur volume.

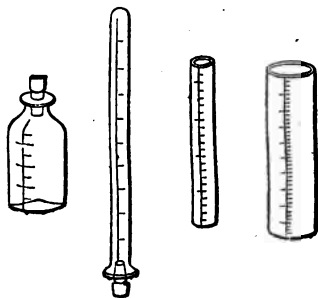
110. Il est encore utile d'avoir dans un laboratoire trois vases d'une capacité de pinte, de demi-pinte et de quart de pinte.

111. Le pouce cube, ses divisions et ses multiples, servent pour mesurer indifféremment les liquides et les gaz. Pour les liquides, les vases dont nous avons déjà parlé, portant une graduation en pouces cubes, peuvent suffire; mais il est d'autres instrumens que nous



allons faire connaître, et qui pourront servir à la fois aux liquides et aux gaz.

112. Dans un laboratoire, il est toujours nécessaire d'avoir quelques vases et quelques tubes divisés avec soin en pouces cubiques, en dixièmes et centièmes. L'un de ces vases doit avoir environ deux pouces de diamètre et six pouces de haut ; un autre, un pouce de diamètre, et six pouces également de hauteur ; un troisième, qui n'est pour ainsi dire qu'un tube ordinaire, aura un demi-pouce de diamètre, et huit ou neuf pouces de long ; enfin, on en aura un quatrième de la même longueur, mais encore plus étroit (*voyez les figures ci-dessous*). Il faut qu'ils soient de moyenne épaisseur,



et puissent supporter le poids du mercure lorsqu'on les remplira de ce métal ; il faut de plus, que les extrémités en soient passées sur la meule de manière à pouvoir être fermées hermétiquement avec un disque de verre.

Il suffit que les petits tubes soient gradués d'un seul côté, mais il vaut mieux, lorsque le diamètre est d'un pouce et demi et au-dessus, qu'il y ait une échelle sur les deux côtés opposés pour rendre les observations plus exactes, comme nous l'avons expliqué plus haut (107).

113. Il faut vérifier la capacité de toutes ces mesures en y pesant de l'eau ou du mercure. Un pouce cube d'eau à 16° pèse, comme nous l'avons dit, 252,458 grains, et un pouce cube de mercure à la même température 3425,35 grains. L'eau convient pour évaluer

un pouce cube, et quelques divisions au-dessous; mais pour les dixièmes, et surtout pour les centièmes, le mercure est plus convenable et beaucoup plus expéditif.

114. Il est souvent nécessaire de pouvoir graduer soi-même les vases et les tubes dont on se sert. La méthode à suivre pour cela est facile à comprendre d'après ce qui a été dit plus haut de la manière de vérifier les mesures; il y a cependant quelques moyens d'abréviation qu'il est bon de connaître. C'est dans des tubes que l'on mesure les gaz sur la cuve à mercure; l'on doit en avoir de plusieurs dimensions, et en grande quantité. Un tube d'un demi-pouce de diamètre ne doit pas avoir moins d'un quinzième de pouce d'épaisseur, cette épaisseur doit toujours augmenter en raison du diamètre; il faut, autant que possible, que l'extrémité bouchée soit bien arrondie, et pas plus épaisse en verre que les autres parties du tube.

115. En général, les divisions des instrumens sont tracées avec la roue à graver le verre; mais dans les laboratoires on peut y suppléer par des instrumens plus simples, tels qu'une pierre à fusil, et mieux encore, des fragmens de diamans montés exprès, et qu'on appelle, pour cette raison, diamans à graver ou à écrire. Les limes triangulaires qui servent ordinairement à couper les tubes peuvent aussi être employées à tracer ces divisions.

116. Après avoir fait choix d'un tube, l'on y trace d'abord une ligne droite qui va depuis le haut jusqu'en bas. Pour cela on pose le tube sur la table le long d'une règle qui sert à diriger la pierre à fusil ou le diamant. Il faut que cette ligne soit bien distincte, pure et droite. Le tube est ensuite mis dans une ba-

lance et équilibré (55); l'on y ajoute alors des poids égaux de mercure, qui représentent les capacités égales de l'instrument, et l'on marque les divisions par de petites lignes transversales qui coupent la première à angle droit. Supposons qu'il faille marquer des centièmes de pouce cube, et que le diamètre intérieur du tube soit d'environ deux dixièmes de pouce, on y pèse 34,25 grains de mercure qui, à 16°, forment un volume égal à un centième de pouce cube, puis on marque le tube au niveau du mercure; on ajoute encore 34,25 grains de ce métal, et l'on marque de nouveau une division sur l'échelle: l'on continue l'opération de la même manière jusqu'à la fin.

117. Quelque aisée que paraisse l'opération que nous venons de décrire, il est cependant nécessaire, pour l'exécuter facilement, de prendre quelques précautions. Comme le mercure est un métal qui a beaucoup de densité, il serait presque impossible d'ajuster exactement une pesée avec cette substance par les procédés ordinaires, l'on prend alors un tube comme celui représenté en marge, d'environ un demi-pouce de diamètre, et quatre pouces de long, coupé carrément à l'une des extrémités, de manière à pouvoir se boucher avec le doigt, s'il est nécessaire, effilé à la lampe par l'autre extrémité, et se terminant par une ouverture capillaire.

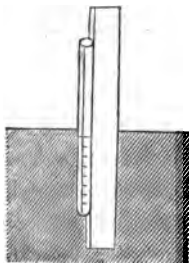


118. Si l'on introduit du mercure dans ce tube, et qu'on place le doigt sur la plus grande ouverture, l'on conçoit que l'on réglera à volonté l'écoulement du mercure en tenant le tube dans une position plus ou moins verticale, et laissant rentrer l'air suivant le besoin. Ainsi il sera, comme on le voit, très-facile d'introduire

par ce moyen les quantités nécessaires de mercure dans le tube que l'on veut graduer ; si la quantité introduite se trouvait un peu trop forte , on renverserait le tube en bouchant l'extrémité inférieure avec le doigt , et l'on pourrait ainsi n'en laisser échapper que des quantités minimales , de telle sorte qu'avec peu de tâtonnemens on parviendrait bientôt à un équilibre parfait.

119. La première chose à faire ensuite est de marquer le volume occupé par le mercure , formant exactement un centième de pouce cube. La meilleure manière est de se servir d'une lime triangulaire ; la pratique enseigne qu'il est beaucoup plus aisé de tracer cette division en partant de la ligne qui s'étend du haut en bas du tube , qu'en cherchant à faire mordre la lime d'abord sur la partie polie de la surface du tube. Pour faire une marque nette , il faut une forte pression sur la lime et un mouvement de peu d'étendue. On sentira facilement au toucher si la marque est faite , mais les commençans doivent d'abord s'essayer sur un mauvais morceau de tube , en cherchant à tracer des lignes dans différentes directions , et , au bout de peu de temps , ils auront acquis assez d'habitude et de dextérité dans la main pour opérer avec sûreté.

120. Cette difficulté une fois surmontée , il faudra marquer sur le tube le volume occupé par le mercure. Pour cela , on place le tube verticalement , ce qui est assez facile avec de très-petits tubes ; mais pour les tubes d'un grand diamètre , on y parvient de la manière suivante. On les place sur un mur uni , dans une position commode et à la hauteur de l'œil (*voyez la figure en marge*). L'on



noircit une portion du mur ou l'on y colle un papier coloré, de sorte que la ligne de séparation du noir au blanc soit à peu près horizontale; l'on a d'un autre côté une règle que l'on fixe à angle droit sur cette première ligne : faisant alors couler le tube le long de la règle, on l'amène facilement dans la position où le niveau du mercure coïncide avec la ligne horizontale. Cette opération sera très-facile pour les tubes d'un pouce de diamètre et au-dessous, et si la règle que l'on emploie est épaisse d'un côté et taillée en biseau de l'autre, elle pourra servir d'un côté pour les petits tubes, et de l'autre pour les plus gros.

121. Le tube bien établi dans l'angle, on peut le marquer horizontalement, comme nous l'avons expliqué plus haut, avec la lime triangulaire. Cette première marque ne doit être qu'une légère trace hors de la ligne perpendiculaire, un simple point, qu'on peut négliger, s'il n'est pas correct, pour en essayer un autre que l'on prolonge, après s'être assuré qu'il est exact. Il n'est pas nécessaire de laisser le tube contre le mur pour terminer la ligne de division, on peut le faire dans toute autre position plus convenable.

122. Mais il est encore un autre point à considérer dans la graduation d'un tube. Le mercure contenu dans des vaisseaux de verre est, en conséquence de son attraction cohésive, déprimé dans cette partie de sa surface qui approche des parois du vase; la portion en contact avec le verre se trouve ainsi plus basse que la surface générale, et conséquemment il reste au-dessous de ce niveau un petit espace non rempli de métal. La marque qui correspondrait avec la surface supérieure comprendrait une plus grande partie du vaisseau que

celle occupée par le métal ; et quoique dans les grands tubes l'erreur produite soit légère , il n'en est pas de même dans les tubes d'un petit diamètre , où elle égale souvent une des divisions qui s'y trouvent tracées. Si l'on ajoute à cela que la convexité du mercure lorsqu'on divise un tube est , eu égard à la position de ce tube , en sens inverse de celle qui a lieu lorsqu'on se sert du même tube pour mesurer un gaz , il est évident qu'en adoptant constamment soit le haut soit le bas de la courbe , l'erreur des deux observations s'ajoute , ce qui , avec de petites quantités de gaz et dans des expériences délicates , pourrait entraîner de graves méprises. Lorsqu'on mesure les gaz sur l'eau , la courbe , au lieu d'être convexe , est concave , et la correction à faire est nécessairement différente.

123. Pour la graduation des tubes , on peut éviter la difficulté que nous venons de signaler , en se servant de mercure qui ne soit pas parfaitement pur , mais qui contienne quelque partie d'un autre métal , comme de l'étain ou du plomb , ce qui donne lieu à une sorte de pellicule au-dessus de la surface. Le mercure de la cuve pneumatique , qui a beaucoup servi , est ordinairement dans ce cas ; l'on peut d'ailleurs en obtenir sur-le-champ en mélangeant 1 partie de plomb à 4 ou 5 mille de mercure. Lorsque du mercure ainsi préparé est introduit dans le tube , une légère secousse fait naître cette pellicule , et la surface du métal reste parfaitement plane ; alors on peut marquer le volume avec précision en tirant une ligne sur le verre à l'endroit où il coïncide avec cette surface. Il faut avoir soin que le mercure dont on se sert ne soit pas trop impur ou chargé de poussière , au point de former plutôt une croûte épaisse

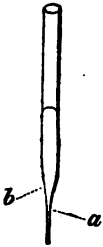
qu'une pellicule à sa partie supérieure, car alors on n'aurait plus l'indication d'un volume de mercure appartenant au poids du métal introduit.

124. L'on voit que la pratique de l'opération que nous venons d'indiquer, consiste à peser dans le tube que l'on veut graduer 34 grains, 25 de mercure, le placer contre le mur, lui donner une légère secousse pour obtenir un surface plane, et enfin marquer la division avec la lime. L'on ajoute ensuite une nouvelle quantité de mercure, et l'on procède comme auparavant, jusqu'à ce qu'on ait atteint l'extrémité de l'échelle.

125. Si le tube est d'un grand diamètre, il contiendra bientôt trop de mercure pour être pesé facilement. On peut, dans ce cas, peser le mercure à part et l'ajouter successivement dans le grand tube, en marquant les divisions comme à l'ordinaire; l'on trouve même un avantage dans cette manière d'opérer: c'est de pouvoir introduire de l'eau dans le tube, ce qui tend toujours à diminuer la convexité de la courbure du mercure, et facilite d'autant plus la graduation; mais il faut avoir soin d'attendre que l'eau soit entièrement remontée à la partie supérieure, et que le mercure ait bien pris son niveau; alors on peut négliger sans crainte la petite portion d'eau qui reste adhérente aux parois de la cloche.

126. Il existe un autre moyen d'obtenir successivement, et avec exactitude, plusieurs portions égales de mercure, c'est de le mesurer au lieu de le peser. Prenez un morceau de tube de verre qui contienne dans une longueur de six lignes à un pouce la division requise; pour les centièmes de pouce cube, le diamètre intérieur doit être d'un sixième de pouce; et pour les dixièmes, d'environ un tiers; effilez à la lampe l'une

de ses extrémités, de manière à lui donner la forme représentée en marge, qui est, comme l'on voit, un prolongement capillaire d'où le mercure pourra s'écouler en petit filet; bouchez cette extrémité inférieure à la flamme d'une lampe à l'esprit de vin, de manière qu'on puisse ensuite déboucher cette partie sans en couper plus d'un seizième ou d'un huitième de pouce. Pesez alors dans ce tube 34 grains, 25 de mercure, ou 342 grains, 53, suivant que vos divisions devront être des centièmes ou des dixièmes de pouce cube.



Voyez s'il n'y a pas de bulles d'air adhérentes au verre, et faites-les sortir au moyen d'un fil de platine très-fin ou d'un crin, que vous enfoncerez dans le liquide jusqu'au point où se trouve la bulle; s'il en restait une petite portion, tout-à-fait à l'extrémité effilée, cela n'aurait aucun inconvénient, et pourrait même être utile. Ajoutant ensuite de nouvelles quantités de mercure, et marquant sur le tube les divisions correspondantes, l'on aura une échelle exacte; après quoi l'on coupe avec précaution l'extrémité inférieure au-dessus du point *a*.

127. La mesure étant terminée, il ne reste plus qu'à expliquer la manière de s'en servir. Supposons qu'on ait besoin d'une quantité de mercure égale à une ou plusieurs divisions; remplissez la mesure jusqu'à ce que le métal dépasse la plus haute division, posez le doigt sous l'ouverture capillaire, bouchez la partie supérieure avec l'index, et laissez couler le mercure par l'extrémité capillaire (117) jusqu'à ce que la surface supérieure du mercure coïncide avec la division la plus élevée. Arrêtez alors l'écoulement en inclinant la



mesure, introduisez l'extrémité dans le tube que vous voulez diviser; levez l'index, de manière que le métal puisse s'écouler, et lorsque le niveau du mercure sera descendu à la division immédiatement inférieure, vous aurez introduit dans le tube un centième de pouce cube; inclinez alors la mesure, le métal cessera de couler, vous marquerez le niveau sur le grand tube, et vous recommencerez ensuite comme précédemment. Une mesure de ce genre, une fois construite, est excessivement commode et d'un usage fréquent; en lui donnant la longueur suffisante on peut très-bien s'en servir pour les dixièmes comme pour les centièmes.

128. L'on peut encore, indépendamment des moyens que nous venons de faire connaître pour graduer les tubes, avoir recours au suivant, qui consiste à faire avec un tube bouché à l'une de ses extrémités, une mesure qui contienne exactement le poids qui doit servir à donner une division; mais pour obtenir des résultats exacts, il faut un peu d'habitude, et se servir d'un tube dont le diamètre n'excède pas un tiers de pouce.

129. La meilleure manière de construire ces mesures est la suivante: choisissez un morceau de tube bouché à une extrémité, et pouvant contenir environ le double du volume désiré; pesez-y une quantité de mercure correspondant à ce volume, marquez la place qu'il occupe, puis, mettant de côté le mercure, coupez la mesure (1060) aussi près que possible de la marque, en la laissant dans tous les cas plutôt plus grande que plus petite. Prenez du ciment ou de la cire, et après avoir reversé le mercure dans la mesure, mettez par-dessus le ciment ou la cire, que vous enfoncerez de manière

à remplir exactement la mesure, sans faire sortir la moindre portion du mercure, afin de ne pas changer le volume primitif; il est bon, par conséquent, d'agir au-dessus de quelque vase qui puisse recevoir le mercure qui pourrait tomber pendant l'opération; l'on enlève ensuite le mercure du tube, on y remet la cire, que l'on fait tomber dans le fond, on la chauffe légèrement de manière à la fondre et la faire adhérer au verre, et la mesure se trouve terminée.

130. Il n'est pas toujours nécessaire de peser le mercure pour chacune des divisions de l'échelle, surtout lorsque les divisions sont fort petites relativement au diamètre du tube; on obtient alors un résultat aussi exact, et souvent même plus exact, en traçant les divisions à l'œil qu'en mesurant le mercure. Ainsi, par exemple, s'il s'agit de diviser un tube d'un quart de pouce de diamètre en dixièmes et en centièmes de pouce cube, et qu'on ait obtenu par l'une des méthodes précédentes les divisions correspondant à quatre centièmes, si ces divisions sont sensiblement égales entre elles en longueur, c'est-à-dire si le tube est d'un diamètre à peu près uniforme, l'on obtiendra par le seul secours de l'œil des divisions secondaires plus exactes que par toute autre méthode employée dans les laboratoires, surtout si l'on a un peu l'habitude de ce genre de travail. Il est évident qu'il convient de diviser d'abord l'espace en deux parties égales, puis chacune de ces dernières en deux autres; mais alors on réussit mieux en plaçant le tube sur une table, dans une position horizontale, qu'en le mettant verticalement contre le mur, comme nous l'avons dit plus haut. La même méthode peut servir pour diviser un espace en 6, 8, et 10 parties. L'on place d'abord de simples points que

l'on vérifie à l'œil avant de tracer définitivement les divisions.

131. Lorsqu'on gradue un tube au moyen du *tube mesure* décrit (126), il faut vérifier le poids par la balance toutes les fois qu'on a ajouté 5 ou 10 divisions; c'est le moyen d'éviter les erreurs qui, n'étant pas sensibles sur une seule division, peuvent le devenir sur 5, 10, ou un plus grand nombre, et doivent être par conséquent rectifiées. Ainsi, si le *tube mesure* contient 34,25 grains de mercure, lorsqu'on aura mis vingt de ces mesures, c'est-à-dire vingt divisions, il faudra s'assurer que le poids du mercure est bien de  $34,25 \times 20$  ou 685.

Il est très-commode, pour l'observation, que les degrés qui marquent les cinquièmes soient distingués sur l'échelle de ceux qui marquent les dixièmes: on y parvient en leur donnant une longueur inégale.

132. Dans les expériences eudiométriques et autres sur de petites quantités de gaz, on a besoin de très-petites divisions, et quelquefois il faut recourir à d'autres divisions que celles des dixièmes ou des centièmes du pouce cubique. Dans ces différens cas, il vaut beaucoup mieux adopter d'autres subdivisions du pouce cubique, qu'une mesure arbitraire qui détruirait les rapports simples que l'on doit chercher à établir dans les mesures d'un laboratoire. Si les centièmes ne sont pas assez petits, divisez chacun en deux, en cinq ou en dix, de manière à ce que chaque division représente  $\frac{1}{200}$ ,  $\frac{1}{500}$ ,  $\frac{1}{1000}$ ; ou si les centièmes sont trop petits, prenez-en deux pour une division, ce qui est facile à faire sur les tubes divisés comme on l'a décrit plus haut; l'on peut même rendre distincte toute autre

division, en plaçant en regard le nombre qu'elle représente.

133. La graduation des éprouvettes et autres vases se fait à peu près de la même manière, et d'après les mêmes principes que nous avons prescrits pour les tubes; mais si l'on procède au moyen de la balance, l'eau convient mieux que le mercure pour toutes les quantités au-dessus d'un demi-pouce cubique, à cause du poids du mercure, et du fardeau qui en résulte pour la balance: un pouce cubique d'eau à 16° pèse, comme on le sait, 252,458 grains. Si on se sert de mesures, les vases que l'on emploie doivent être parfaitement propres dans l'intérieur, afin qu'ils puissent être mouillés par l'eau. Lorsqu'ils ont été rincés, on ne doit pas les sécher entièrement, mais bien les mettre dans la balance après les avoir simplement fait égoutter; alors on y pèse la quantité d'eau qui doit servir de type, et l'on marque le volume qu'elle occupe. Cette précaution de ne pas sécher la mesure à l'intérieur est nécessaire, en ce que, lorsqu'on verse le liquide de la mesure dans le vase qui doit être gradué, elle retient toujours la portion du liquide qui sert à la mouiller, portion qu'on ne peut évaluer, et qu'il faut nécessairement compenser par celle qu'on laisse dans la mesure en commençant l'opération.

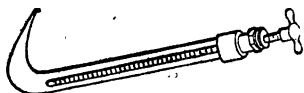
134. Pour graver les vases il n'est point nécessaire de les placer contre le mur, comme nous l'avons enseigné pour les petits tubes, leur plus grand diamètre s'opposant à une telle disposition. Il faut les poser sur une table droite et solide, comme celle dont nous avons parlé, à l'occasion du mesurage (107), et lorsque le liquide est parvenu à l'état de repos, il faut marquer

trois points, correspondant exactement avec la surface générale de l'eau, sur des lignes verticales, à égale distance l'une de l'autre. On peut marquer d'abord ces points avec le diamant à graver, puis avec la lime on peut les prolonger convenablement (119).

135. Lorsque la forme des vases que l'on veut diviser s'oppose à ce qu'ils tiennent solidement sur leurs propres bases, la graduation à trois endroits différens devient encore plus importante. Pour les vases qui, percés par le fond, et fermés avec un robinet, ont besoin, lorsqu'on les divise, d'être placés sur des supports (59), la triple graduation est nécessaire; elle offre une sécurité indépendante de la position plus ou moins verticale du vase; car, quoiqu'il puisse dévier par hasard de cette position, cependant si une quantité d'eau, par exemple 20 pouces cubiques, étaient marqués par trois points sur différens côtés du verre, toute quantité qui à l'avenir coïncidera avec ces trois marques, sera exactement de 20 pouces cubiques. Cet effet pourrait, il est vrai, être obtenu au moyen de deux graduations latérales; mais dans la pratique, ce mode n'est pas aussi certain que l'emploi de trois points. Lorsqu'on marque la surface du liquide avec trois points, il faut avant de marquer le troisième s'assurer que le niveau correspond avec les deux premiers, ce qui est toujours facile à obtenir par un léger changement dans la position du vase. Il est inutile d'insister de nouveau sur la nécessité de faire ces divisions à une même température, celle de 16°.

136. Le docteur Hare vient de construire différens instrumens dans lesquels il a adopté un mode de mesurage dépendant du déplacement de certains volumes de liquides ou de gaz, opéré par l'introduction d'une

tige graduée. La figure en marge représente un de ces



instrument. Il consiste en un tube de verre fermé à l'une des extrémités par un collet de cuir, et terminé

à l'autre par une ouverture capillaire. Une tige à poignée, divisée en parties égales, passe, à frottement, à travers le collet de cuir, sans permettre l'introduction de l'air dans l'intérieur de l'instrument. Il est évident que si l'on plonge l'extrémité capillaire dans l'eau, et qu'on tire la tige à l'extérieur, l'on fera entrer une certaine quantité de liquide dans le tube, et que l'on finira par l'en remplir complètement en faisant entrer et sortir à plusieurs reprises cette tige graduée, en inclinant toutefois l'instrument dans une position à pouvoir produire cet effet. Si on le retire de l'eau, et le laisse sécher, l'on voit qu'en poussant la tige il sortira du tube, par l'ouverture capillaire, un volume d'eau égal à celui de la tige, et que l'on pourra verser dans le vase que l'on veut diviser. L'écoulement de cette eau peut avoir lieu par petites portions successives, égales entre elles, ainsi qu'à une des divisions de la tige. Lorsqu'elle est entièrement enfoncée dans l'instrument, on la retire en remplaçant son volume par de l'eau.

137. Si le tube se termine comme nous l'avons décrit plus haut (117), et si l'on se sert de mercure au lieu d'eau, l'instrument devient une excellente mesure pour des portions égales de mercure, et peut alors servir pour diviser les tubes (124). Quant au piston ou tige, on peut facilement le diviser, en observant à quelle longueur il faut l'enfoncer pour déplacer une quantité donnée de mercure, comme, par exemple, 34,25 grains (124).

138. On peut construire un instrument de ce genre avec un tube tel que celui représenté à la page 27 ; le piston peut être de verre massif, ou fait avec un tube de verre bouché à l'extrémité intérieure ; il faut qu'il entre à frottement dans une petite boîte à étoupe, de manière à ne pas donner passage à l'air.

139. Nous croyons utile de donner ici les estimations et les comparaisons suivantes de certaines mesures linéaires et cubiques, avec le poids des mesures cubiques déterminées en grains d'eau distillée.

POUCES ANGLAIS.

|                                     |          |
|-------------------------------------|----------|
| Aune ( <i>yard</i> ). . . . .       | 36,      |
| Mètre. . . . .                      | 39,37039 |
| Décimètre. . . . .                  | 3,93704  |
| Centimètre. . . . .                 | 0,39370  |
| Millimètre. . . . .                 | 0,03937  |
| Longueur du pendule à secondes pour |          |
| Londres. . . . .                    | 39,12929 |

POUCES CUBIQUES.

GRAINS D'EAU DISTILLÉE.

|                        |          |           |           |
|------------------------|----------|-----------|-----------|
| Gallon. . . . .        | 277,274  | . . . . . | 70000     |
| Pinte. . . . .         | 34,65925 | . . . . . | 8750      |
| Pouce cubique. . . . . | 1        | . . . . . | 252,458   |
| Litre. . . . .         | 61,02525 | . . . . . | 15406,312 |
| Décilitre. . . . .     | 6,10252  | . . . . . | 1540,631  |
| Centilitre. . . . .    | 0,61025  | . . . . . | 154,063   |
| Millilitre. . . . .    | 0,06102  | . . . . . | 15,406    |

## SECTION IV.

*Sources et emploi de la chaleur.*

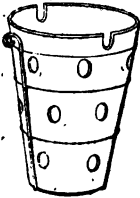
140. La chaleur exerce une action si énergique sur les corps, elle est d'un si grand secours pour les chimistes, et si souvent employée par eux, que si l'on voulait traiter ce sujet dans tous ses détails, il faudrait y consacrer beaucoup plus d'espace que nous ne pouvons le faire ici. Nous décrirons, non pas même tout ce qu'il serait utile de connaître, mais nous nous bornerons à indiquer aux étudiants les principaux moyens d'obtenir les températures nécessaires aux diverses expériences.

141. Le nombre des fourneaux dont on s'est servi à diverses époques est presque illimité; c'est à l'opérateur à choisir ceux qui conviennent le mieux à son genre d'opération: nous ne décrirons ici que ceux que nous avons adoptés pour nous-même, et qui présentent quelques avantages sous le rapport de l'économie ou de la commodité.

142. L'on peut faire des fourneaux très-utiles pour un grand nombre d'opérations en employant à cet usage les creusets connus en Angleterre sous le nom de *pots bleus*, qui sont composés d'un mélange d'argile et de plombagine. On en trouve de toutes les dimensions; ils sont d'ailleurs très-faciles à tailler avec la scie ou la lime, et conservent très-bien la chaleur.



143. Ces fourneaux, suivant leur grandeur, peuvent servir à faire rougir des creusets, à chauffer des cornues de verre ou à tout autre usage ; mais il est nécessaire d'y pratiquer plusieurs rangées de trous pour la circulation de l'air, comme il est indiqué sur la planche.



144. Il faut également les consolider au moyen de plusieurs cercles de fil de fer d'une grosseur convenable, que l'on place à différentes hauteurs, dans des rainures faites exprès. Enfin, l'on doit y adapter deux crochets, qui servent à transporter le fourneau au moyen d'une anse mobile.

145. L'on doit avoir pour ces fourneaux des grilles rondes de différentes dimensions, afin de pouvoir les placer, selon la commodité, à des hauteurs différentes.



146. Il est évident que la grandeur, le nombre et la disposition des trous doivent dépendre de la grandeur du fourneau. Le combustible que l'on emploie est ordinairement du charbon de bois ; mais on peut, pour les plus grands, le mélanger avec du coke.

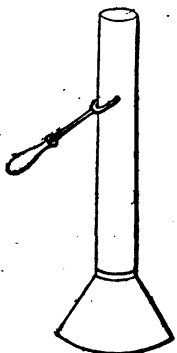
147. On peut presque toujours se rendre maître du feu, soit qu'on veuille diminuer ou accroître son intensité ; il faut pour cela avoir des bouchons ronds, faits avec de la brique tendre (1240) ou des débris de pots bleus, et d'une forme à peu près semblable à celle d'un bouchon de liège. Ils servent à fermer les ouvertures qui introduisent l'air dans le cendrier ou directement sur le feu, et, qui en modérant cette quantité d'air qui entre, réduisent la chaleur au degré voulu.

Pour augmenter la température, et mettre plus de combustible, on fait différentes additions au fourneau.



Il en est une fort utile, qui consiste à placer au-dessus la portion supérieure d'un autre fourneau hors de service (*voy. la figure*); cette disposition, comme on le voit, permet de placer une plus grande quantité de combustible, et facilite beaucoup le tirage. L'on pratique quelquefois des trous dans cette partie supérieure, parce qu'il est en général nécessaire d'augmenter le courant d'air à mesure qu'on augmente la quantité de combustible.

148. Une autre addition fort utile aussi pour ces petits fourneaux portatifs est un tuyau d'environ 2 pieds de long sur 4 pouces de large, évasé à la partie inférieure, jusqu'à ce qu'il ait atteint un diamètre d'environ 8 pou-



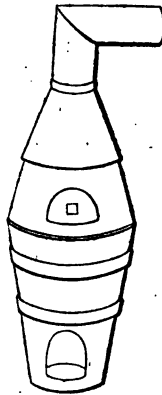
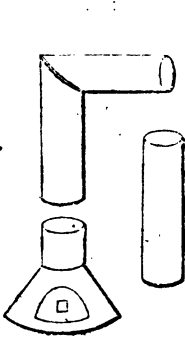
ces (*voyez la figure en marge*). Ce tuyau peut servir facilement pour tous les fourneaux qui n'ont pas plus de huit pouces de largeur, ni moins de quatre ou cinq. Il est très-facile à manier, et augmente considérablement le tirage. Il doit porter, pour plus de commodité, une poignée en bois. L'on peut se dispenser de l'ôter pour alimenter le feu, en projetant le charbon par la partie supérieure. Un creuset de deux pouces et demi de diamètre est porté promptement à la chaleur blanche dans un fourneau de ce genre, et l'on a l'avantage de pouvoir suivre facilement toutes les périodes de l'opération. Ces fourneaux sont les seuls dont on se serve depuis long-temps à l'Institution royale pour l'analyse des minéraux, et surtout des pierres siliceuses.

149. Pour le rendre propre à faire rougir des tubes, il est nécessaire de faire dans la partie supérieure deux entailles, profondes d'environ un pouce, et dans lesquelles on pose le tube après avoir élevé la grille dans le fourneau. Mais lorsqu'on n'a besoin de chauffer qu'une moindre longueur, on peut passer le tube par deux des trous opposés qui se trouvent plus bas. Pour chauffer un tube de cette manière, il n'est pas nécessaire qu'il y ait plus d'un pouce et demi de distance entre le tube et la grille.

150. Lorsque ces fourneaux sont grands, que les grilles ont plus de six pouces de diamètre, et que le combustible occupe six à huit pouces de hauteur, l'effet en est très-puissant, et l'on peut s'en servir pour chauffer des creusets d'une grande dimension. Quand les dimensions de la grille sont plus grandes, on est ordinairement dispensé d'ouvrir à l'air un passage au moyen de trous latéraux dans le corps du fourneau; mais il faut alors qu'il puisse entrer abondamment par le cendrier. On doit se servir dans ces grands fourneaux, d'un mélange de coke et de charbon, et quelquefois, lorsqu'il faut un feu durable pour de longues opérations, de coke seul, car alors, le charbon se consume avec une trop grande rapidité; l'on obtient d'ailleurs la même chaleur avec le coke, en augmentant le courant d'air.

151. Lorsqu'une chaleur considérable est nécessaire, il convient que ces fourneaux communiquent par un tuyau particulier avec la cheminée du laboratoire (3). Cette communication s'établit facilement au moyen de deux ou trois bouts de tuyaux semblables à ceux représentés en marge, s'ajustant les uns dans les autres. Le tuyau inférieur, en forme d'entonnoir,

doit être enduit intérieurement d'argile ; les autres doi-



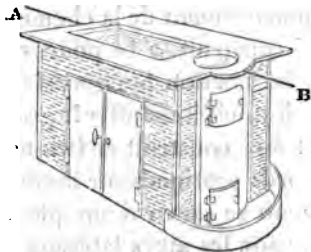
vent avoir au moins quatre pouces de diamètre. Ces fourneaux produisent des effets considérables et comme on en a quelquefois besoin pour de longues opérations, il faut, pour les alimenter sans rien déranger, qu'il y ait dans le tuyau en forme d'entonnoir une

ouverture qui serve à introduire le combustible, et qui puisse se fermer. L'on ajoute souvent au fourneau une nouvelle pièce qui a la forme d'un cône tronqué, où se trouve une ouverture par laquelle on peut alimenter le feu, et que l'on bouche à volonté; on adapte au-dessus le tuyau en forme d'entonnoir, dont le prolongement va gagner le trou pratiqué dans la cheminée. Ces grands fourneaux doivent être entourés avec des cercles de fer.

Pour plus amples renseignements relatifs à cette espèce de fourneaux, voyez le *Philosophical commerce of the Arts* de Lewis, pages 1 à 37.

152. Le fourneau dont nous allons donner la description est destiné aux travaux généraux d'un laboratoire : c'est celui dont nous avons déjà parlé (6). Devant servir habituellement comme table, il doit avoir de 34 à 35 pouces de haut; ses autres dimensions et même sa forme dépendent entièrement de l'espace qu'on veut lui consacrer. Celui qui se trouve dans le laboratoire

de l'Institution royale, construit il y a plusieurs années sous la direction de M. Brande, a, en maçonnerie,



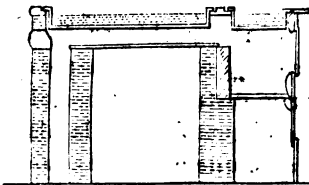
52 pouces de longueur et 30 pouces de largeur; la plaque de fer, en y comprenant les bains de sable, a 57 pouces sur 42.

Le corps du fourneau est en brique, la plaque de dessus, les bains de sable et la face antérieure sont seuls en fer. Le devant est une plaque de fer courbé, ayant deux ouvertures fermées par des portes de fer, donnant, l'une dans le foyer, l'autre dans le cendrier. Elle a 34 pouces de haut et 14 pouces de large; la porte du cendrier s'ouvre sur un exhaussement en forme de marche; le bas de la porte du foyer est à 22 pouces de terre, et la porte elle-même a 8 pouce et demi sur 7. La partie antérieure du foyer est fermée intérieurement par une plaque en fonte portant une ouverture qui correspond avec la porte (*voyez la figure en marge*).

Pour construire ce fourneau, on commence par élever deux murs latéraux en brique des deux côtés de la plaque du devant, et le mur de derrière, à la distance convenable pour laisser la place du foyer et du cendrier; ces murs sont enduits de terre réfractaire (*welch lumps*) à l'endroit où doit se faire le feu; on scelle dans la maçonnerie deux barres de fer destinées à recevoir les barreaux de la grille qui doivent rester mobiles, et se trouver à 19 pouces environ au-dessus du sol. Les murs de côté sont élevés parallèlement jusqu'à la hauteur de la plaque qui doit couvrir le

fourneau ; le mur de derrière du foyer est élevé de 6 pouces  $\frac{1}{2}$  de moins que les murs latéraux. Il existe alors entre l'extrémité de ce mur et le fond du bain de sable un intervalle qui est le commencement de la cheminée du fourneau ; le foyer, ainsi construit, a 14 pouces de profondeur sur 9 de large. La portion horizontale de la cheminée du fourneau est destinée à chauffer le grand bain de sable ; le fond peut être construit en briques, que l'on appuie sur des rebords pratiqués sur les deux murs de côté ; ou bien on peut se servir d'une plaque de fonte reposant également sur les murs latéraux, et sur le haut du mur qui forme le derrière du foyer. Lorsqu'on adopte cet arrangement il ne faut point sceller la plaque dans la maçonnerie, mais la laisser reposer librement sur les rebords qui doivent être faits exprès, plats et solides ; car si on l'attachait aux murs, la dilatation et la contraction alternative qu'elle doit éprouver les ébranlerait et les renverserait bientôt. Les murs latéraux peuvent être prolongés jusqu'au mur, près duquel le fourneau est bâti ; mais souvent on construit exprès un petit mur parallèle à celui de devant, ce qui fait du tout un ensemble régulier. L'on ménage ordinairement dans le milieu une cavité qui sert d'étuve, et qui est échauffée par la partie inférieure de la cheminée ; cette ouverture se ferme par une porte qu'on y adapte. L'on y fait quelquefois descendre le tuyau du fourneau lorsqu'on est obligé de le faire passer sous terre. Toutes ces dispositions doivent être faites avant de placer sur l'ouvrage en brique la plaque qui forme le dessus, de manière que lorsqu'elle est posée avec ses bords de sable, elle complète la portion du tuyau horizontal dont elle forme la partie supérieure.

153. Les dimensions de cette plaque sont la première chose sur laquelle il faut se fixer. Lorsqu'on les a déterminées d'après la place que doit occuper le fourneau, qu'on a également fixé la place des bains de sable, on dispose la maçonnerie de manière à correspondre avec cet arrangement. Les bains de sable et la plaque doivent être indépendans les uns des autres. La forme circulaire est préférable à toute autre; le bain de sable qui est sur le devant doit être d'un diamètre tel, qu'il occupe toute la largeur du foyer, de telle manière que lorsqu'il aura été enlevé on puisse y substituer un alambic, une marmite de fonte, ou des cercles concentriques en fer destinés à diminuer l'ouverture du foyer. La forme de l'autre bain de sable doit être en rapport avec la disposition et les dimensions du tuyau qu'il est destiné à recouvrir. Ces bains de sable doivent être en fer coulé d'environ trois dixièmes de pouce d'épaisseur, avoir deux pouces et demi à trois



pouces de profondeur, et des rebords qui puissent s'ajuster dans une entaille pratiquée exprès dans la plaque afin qu'ils ne fassent point saillie à l'extérieur.

L'inspection de la figure en marge suffira pour faire concevoir tous ces détails. Il est essentiel que les dimensions des bains de sable soient calculées de manière à ne pas remplir entièrement, lorsqu'ils sont froids, l'ouverture de la plaque, et qu'il y ait au contraire tout autour un espace d'un huitième de pouce au moins, comme on peut le voir dans la figure; sans cette précaution, lorsqu'on viendrait à les chauffer, ils se dilateraient assez

par l'action de la chaleur pour remplir entièrement l'ouverture et briser la plaque. Celle-ci doit avoir un demi-pouce d'épaisseur.

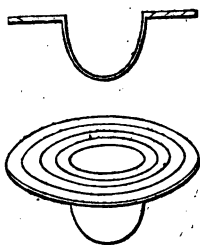
154. Lorsque la plaque et les bains de sable sont faits, que la maçonnerie en brique est terminée, il ne reste plus pour achever le fourneau qu'à ajuster la plaque sur la maçonnerie. Si l'on a lieu de craindre que les murs ne soient trop faibles, on peut les consolider en plaçant à l'intérieur quelques barreaux de fer qui seront scellés par chacun de leur bout dans la maçonnerie, ou bien en les entourant avec des bandes de fer; les changemens alternatifs de température que doit subir ce fourneau, entraînant des détériorations bien plus considérables que pour tout autre ouvrage en brique qui resterait exposé toujours à une température uniforme.

155. Les bains de sable que nous venons de décrire sont sujets à un inconvénient qui a engagé plusieurs chimistes à les remplacer par d'autres en fer forgé. En effet, lorsqu'on expose des bains de sable en fonte à une température un peu élevée, il arrive presque constamment qu'ils éclatent par la distribution inégale de chaleur; cela arrive quelquefois aussi pour la plaque elle-même qui n'est exposée qu'à une moindre chaleur. Le fer forgé, au contraire, ne présente pas ce défaut; mais il est sujet à se voiler, à se tourmenter, et à changer un peu la forme des vaisseaux, ce qui n'arrive pas avec la fonte.

On doit se servir de préférence de sable de mer bien lavé; il a l'avantage de ne point donner de poussière lorsqu'on le remue. Il faut toujours avoir près du bain de sable un morceau de fer qui puisse servir de spatule pour arranger le sable.



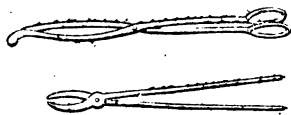
156. Quelquefois on substitue au bain de sable circulaire une suite d'anneaux concentriques comme nous l'avons déjà dit. Ces anneaux sont taillés en biseaux sur leurs bords, de manière à représenter des cônes creux tronqués; par cette disposition l'on voit que la dilatation qu'ils éprouveront ne les fera pas adhérer les uns aux autres, comme il pourrait arriver sans cela.



Le plus grand doit, comme le bain de sable; pouvoir jouer librement dans l'entaille pratiquée dans la plaque du dessus. L'on obtient alors, en mettant un nombre suffisant de ces anneaux, une ouverture de plus en plus petite, que l'on peut proportionner à la dimension des vases que l'on veut chauffer.

157. Il faut encore, comme nous l'avons dit, que le foyer soit disposé pour recevoir l'alambic, et qu'on puisse l'y placer commodément après avoir enlevé le bain de sable.

158. Les pincettes, qui sont un accessoire obligé des fourneaux, ont reçu beaucoup de formes différentes; il faut en avoir un assortiment, et au moins deux de



formes semblables à celles de la figure ci-jointe; l'une, dont la charnière est placée au milieu, pouvant s'ouvrir beaucoup, et destinée

à saisir de gros objets; l'autre, dont la charnière est placée beaucoup plus près de l'extrémité, destinée à serrer fortement et à enlever des corps pesans.

159 et 160. On appelle *fourneaux à vent* (*wind furnaces*) ceux dans lesquels la combustion est excitée par un fort

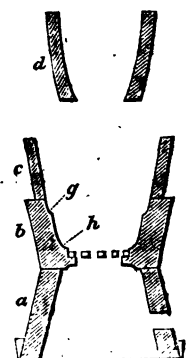
courant d'air produit à l'aide d'un tuyau avec lequel ils sont en communication. Ils sont très-employés chez les affineurs et les fondeurs de métaux, ainsi que dans les laboratoires; tout ce qui peut tendre à les perfectionner est d'une grande importance. Les fourneaux ordinaires, lorsqu'on les met en communication avec la cheminée du laboratoire, peuvent rentrer dans la classe des fourneaux à vent. Mais pour produire de grands effets calorifiques, il faut proportionner le diamètre du tuyau de tirage avec la dimension du fourneau. On a reconnu que la combustion est extrêmement active dans un fourneau d'un diamètre égal à celui du tuyau placé immédiatement au-dessus, ce dernier ayant une hauteur égale à trente fois son diamètre; il faut donner d'ailleurs à l'air un libre accès jusqu'à la grille.

Cependant ces dispositions éprouvent dans la pratique quelques modifications qui rendent l'emploi de ce fourneau plus économique.

161. Dans les laboratoires de recherches, on remplace avantageusement le fourneau à vent par le fourneau à soufflet, qui fournit une chaleur plus intense avec moins de combustible, et qui est surtout applicable aux objets de petite dimension. L'on peut se servir de l'un des fourneaux creusets précédemment décrits. L'on en bouche toutes les ouvertures à l'exception d'une seule au cendrier, à laquelle on adapte la tuyère d'un soufflet à double vent. Le fourneau doit être surmonté par le tuyau en entonnoir (148), et alimenté au charbon de bois.

162. M. Charles Aikin a imaginé une nouvelle disposition de fourneau à soufflet qui, sur une petite échelle, offre des effets considérables. Ce fourneau se compose des différentes parties dont nous donnons ici

les coupes, dessinées sur une échelle d'un pouce pour



dix (*voyez la figure*). La partie inférieure *a* s'ajuste dans une plaque circulaire de fer-blanc dont les bords sont relevés, et dans laquelle on la fixe avec du plâtre. La pièce *b*, qui pose sur *a*, est disposée de manière à former à l'intérieur trois saillies circulaires, l'une en *g*,

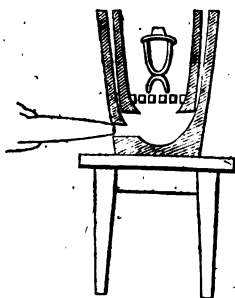
l'autre en *h*, et la troisième un peu plus bas, à l'endroit où la grille est posée : cette grille est circulaire, et peut s'enlever à volonté. La pièce *c* n'est destinée qu'à augmenter la capacité du fourneau. La pièce *d* sert lorsqu'on veut diminuer l'étendue du foyer. On la place dans l'intérieur de *b*, posant par le bas sur le rebord *h*; *e* est une pièce semblable, mais plus petite, destinée à poser aussi sur le bord *h*; une autre partie essentielle de ce fourneau est une plaque circulaire de tôle qui peut s'ajuster sur le rebord *g*; dans son milieu est une ouverture de trois pouces et demi de large, dans laquelle on adapte un très-petit fourneau, dans la partie inférieure duquel sont percés des trous pour remplacer la grille : ces deux objets (la plaque et le petit fourneau) sont représentés à la lettre *f*.

Pour se servir du fourneau on l'élève sur un support, et l'on place contre l'ouverture de la partie inférieure, mais sans l'y introduire, la tuyère d'un soufflet, ayant douze pouces de long et dix de large. On allume le feu, et on l'entretient, soit avec du coke et du menu char-

bon, soit avec du coke seul. Le coke doit être de deux grosseurs, placées dans des caisses séparées. Lorsqu'on n'a besoin que d'un feu présentant une petite surface, on adapte la pièce *b*; s'il faut l'agrandir on met la pièce *c*; lorsqu'il faut un feu encore plus petit on se sert de *d* ou de *e*; enfin, pour les opérations qui n'exigent qu'un très-petit creuset, on ôte la grille, et on la remplace par la pièce et la plaque *f*.

M. Aikin met facilement en fusion dans ce fourneau la fonte de fer, et peut, en fort peu de temps, chauffer au rouge un creuset de deux pouces et demi de diamètre, et de trois pouces et demi de haut.

163. Nous allons donner la description d'un excellent fourneau à soufflet qui a servi plusieurs années dans le laboratoire de l'Institution royale. Ses effets étaient assez puissans pour fondre du fer doux dans



un creuset, en douze ou quinze minutes; il fondait aussi le rhodium; et l'on y a vu même des morceaux de platine pur, chauffés dans un creuset, s'agglutiner en un bouton. Toute espèce de creusets, même ceux de Cornouailles et de Hesse, s'amollissaient, se boursouflaient, et entraient en fusion dans ce fourneau; c'est

le manque de vases assez réfractaires qui a seul limité son usage. La partie extérieure était formée avec un *pot bleu* (142) de dix-huit pouces de haut, et de treize pouces de diamètre extérieur par le haut. On prenait ensuite un petit *pot bleu* de sept pouces et demi de diamètre intérieur par le haut, dont on coupait la partie inférieure de manière à lui donner cinq pouces

d'ouverture. Alors, on enfonçait le petit dans le plus grand, jusqu'à ce qu'il portât sur son bord inférieur, la partie supérieure des deux devant se trouver au même niveau. L'intervalle entre les deux pots, qui allait en s'élargissant par le haut, était rempli avec des fragmens de creusets de verrerie pilés, auxquels on ajoutait assez d'eau pour en faire une pâte, que l'on tassait au moyen d'un bâton, pour faire du tout une masse compacte. On plaçait dans le fourneau une grille ronde, de grandeur à s'arrêter à environ un pouce au-dessus de l'extrémité inférieure du pot intérieur; l'espace qui se trouvait en dessous formait ainsi une chambre à air, et la partie du haut le corps du fourneau. La première partie avait sept pouces et demi entre la grille et le fond, et la dernière sept pouces et demi de la grille au sommet. Enfin, un trou horizontal, de forme conique, et d'un pouce et demi de diamètre à l'extérieur, était pratiqué dans le pot extérieur, et destiné à recevoir la tuyère du soufflet qui devait introduire l'air dans l'intérieur (*voyez la fig. en marge*). Le fourneau ainsi complété, on le faisait sécher graduellement, afin que, lorsqu'on venait à s'en servir, la vapeur aqueuse tendant à s'échapper ne le fit pas éclater en morceaux; à cet effet, on le chauffait pendant quelques heures avec un léger feu de charbon de bois. Lorsqu'il ne se dégagait plus de vapeurs aqueuses, le fourneau était en état de servir.

164. On a toujours fait usage avec ce fourneau d'un grand soufflet, fixé par une garniture en fer; on élevait le fourneau sur un support, de manière à ce que l'ouverture inférieure se trouvât de niveau avec la tuyère du soufflet. On l'y fixait ensuite assez exactement, afin que l'air, qui éprouve une résistance assez considérable pour passer au travers du charbon (surtout si le fourneau

est long par rapport à son diamètre), ne revint pas sortir entre la tuyère et la paroi du trou. Le soufflet dont nous venons de parler était beaucoup plus grand qu'il n'est nécessaire pour ce fourneau, aussi donnait-on rarement plus d'un tiers du vent; car autrement la chaleur se serait élevée à un si haut degré que le creuset aurait été détruit, et les résultats de l'expérience perdus; il est cependant toujours à propos d'avoir un grand soufflet à sa disposition.

165. La chaleur qu'on obtient avec un fourneau de ce genre est telle, qu'à chaque opération il se produit des scories causées par la fusion de la surface intérieure du fourneau, à l'endroit où la combustion a été le plus active. Ces scories, coulant le long de l'intérieur, se rassemblent autour du bord de la grille, l'on doit après chaque opération les détacher avec un ciseau, afin de laisser celle-ci parfaitement libre. Lorsque après quelque temps de service l'intérieur du fourneau a souffert assez pour être devenu mince et faible, il faut l'enlever et le regarnir à l'intérieur avec de la terre réfractaire, pour le remettre dans son état primitif.

166. Le coke est le combustible qu'on doit préférer pour ce fourneau: il fournit une très-grande chaleur au bout d'un temps très-court, et la quantité qui s'en consomme est fort petite. C'est surtout la moindre quantité de combustible employé, et la grande élévation de température obtenue presque sur-le-champ, qui donne à ce fourneau une grande supériorité sur le fourneau à vent. On est obligé de s'en servir en plein air ou sous un soupirail bien disposé, à cause de l'immense quantité d'étincelles, de la flamme, et du courant d'air chaud qui s'échappent durant l'opération, et qui pourraient occasionner des accidens graves dans une chambre, à

moins que le plafond ne fût à une hauteur considérable, ou protégé par une plaque de métal.

167. Lavoisier proposa l'application de l'oxygène aux fourneaux, pour augmenter la rapidité de la combustion, et conséquemment l'intensité de la chaleur. Mais il est évident que ce ne sont pas les moyens d'augmenter la température que l'on doit rechercher, tant qu'on ne sera pas parvenu à se procurer des vases assez réfractaires pour résister à celle que nous pouvons produire.

168. Le combustible dont on se sert peut être de trois espèces : le charbon de terre, le coke, et le charbon de bois. Le *charbon de terre* est le combustible qu'on emploie ordinairement pour le fourneau-table du laboratoire (6—152), destiné à un usage journalier, aux fusions, aux grillages, et autres opérations qui n'exigent pas une température fort élevée. On doit le choisir de bonne qualité, et rejeter celui qui contient beaucoup de soufre ou de matière terreuse; car ces substances étrangères ne sont pas sans inconvéniens : le soufre surtout, a de l'action sur plusieurs corps, et peut influer sur beaucoup d'opérations : c'est pour cette raison qu'il convient quelquefois de se servir, dans le fourneau-table, de coke et de charbon de bois. Il ne faut jamais employer la houille dans le fourneau à soufflet; car, en conséquence de l'amollissement et du gonflement qu'elle éprouve par la chaleur, elle s'aglutine, empêche l'air de passer, et arrête la combustion.

169. Le *coke* est d'un usage continu, mais sa qualité varie selon le charbon d'où il est extrait. Celui qui est destiné au service d'un fourneau à soufflet doit être dégagé de toute matière sulfureuse, terreuse ou métallique. Tel est celui du Staffordshire; il est com-

pacte, et conserve à peu près l'aspect du charbon primitif. Il brûle presque sans résidu dans le fourneau à soufflet, laissant à peine une trace de scorie; de sorte qu'on peut en brûler une grande quantité sans craindre que le résidu obstrue les jours de la grille (ou puisse agir comme fondant sur la matière du creuset).

170. Si l'on se sert au contraire du coke provenant des établissemens de gaz, il contient une si grande quantité d'oxide et de matière terreuse, que les scories qui en résultent ne tardent pas à boucher la grille et faire fondre le creuset. Ce coke, qui ne coûte que la moitié du précédent, peut être employé avantageusement dans le *fourneau-table*, et dans beaucoup d'autres circonstances, parce qu'il n'est pas sujet à s'agglutiner comme la houille.

171. Lorsqu'on se sert du coke du Staffordshire pour le fourneau (163), il faut le concasser de manière à former des morceaux de la grosseur d'une noix environ, et le cribler pour en séparer le menu, afin que les morceaux ne soient ni assez gros pour ne pouvoir passer entre le creuset et le fourneau, ni assez petits pour remplir tous les interstices, et s'opposer au passage de l'air.

172. Le charbon de bois est très-convenable toutes les fois que l'on veut obtenir promptement de la chaleur, et une température uniforme et modérée. Il est inutile de dire qu'il faut toujours le prendre d'une grosseur proportionnée à l'emploi qu'on doit en faire, et qu'il doit avoir une caisse particulière comme le charbon de terre. Mais il est bien inférieur en durée au coke du Staffordshire, celui-ci doit lui être préféré dans tous les cas où il est applicable. Assez souvent on emploie un mélange de coke et de charbon de bois, qui



réunit à l'avantage de la durée celui de brûler facilement.

173. Nous avons dit qu'il fallait, autant que possible, ne se servir des fourneaux que dans des lieux assez élevés, et où l'on pût être à l'abri de tous les accidens que pourrait occasioner le feu; mais si par quelque circonstance particulière l'on avait à craindre l'action du courant d'air ascendant, l'on y remédierait en plaçant à une certaine hauteur, au-dessus du fourneau, une plaque de fer-blanc, qui briserait la direction de l'air à angle droit, le forcerait à se mêler à l'air ambiant, et le dépouillerait ainsi de la plus grande partie de son calorique. Si l'on avait à craindre l'effet du feu pour quelques boiseries latérales, il faudrait placer devant elles une feuille de fer-blanc poli qui, réfléchissant la presque totalité de la chaleur, l'empêcherait de pénétrer jusqu'au bois.

174. Lorsqu'on place de petits fourneaux sur des tables, des tabourets, ou autres supports en bois, il faut mettre entre le fourneau et le support une brique ou une feuille de fer ou de fer-blanc, selon les circonstances, qui seront d'ailleurs facilement appréciées par les chimistes.

### *Lampes.*

175. Les lampes sont des sources de chaleur très-économiques, et toujours prêtes. Elles peuvent fournir une haute température; car, comme sir Humphry Davy l'a démontré, l'intensité de la chaleur est très-grande dans la flamme. Depuis qu'on a pratiqué et perfectionné la méthode d'opérer sur de petites quantités de matière, non-seulement on s'est servi avec

avantage de la flamme d'une simple lampe, privée de toute addition étrangère, mais on a imaginé un grand nombre d'expédiens, qui en ont augmenté considérablement le pouvoir, et ont rendu son application beaucoup plus utile.

176. Parmi les nombreuses lampes dont on se sert dans les laboratoires, la plus utile est celle à esprit de vin. Sa flamme, quoique pâle, produit une chaleur intense, comme on peut s'en convaincre en introduisant dans son intérieur un petit fil de platine ou un morceau de toute autre matière filamenteuse. L'étudiant doit s'exercer à introduire dans la flamme de petits fragmens de minéraux, de métaux, et d'autres substances, placés à l'extrémité d'un fil métallique fort mince, ou d'un morceau de feuille de platine, ou même sur un filament d'asbeste ou de cyanite, afin de reconnaître, par l'aspect que prend la matière, quelles sont les parties les plus échauffées de la flamme.

177. La flamme de l'alcool ne produit pas de fumée, ce qui est un avantage précieux. Si l'on expose à la flamme d'une chandelle une capsule ou un petit creuset de platine, ils seront bientôt recouverts d'une légère couche de suie, qui, à cause de son grand pouvoir rayonnant, tend à diminuer la température que le vase pourrait prendre. Si l'on se sert au contraire d'une lampe à esprit de vin, les vases ne se noirciront pas, et la température s'élèvera davantage; de plus, cette couche de suie que dépose la flamme d'une chandelle ternit le verre, le rend opaque, et le prive ainsi de sa propriété la plus essentielle.

178. Quand la flamme est en contact direct avec les substances que l'on chauffe, cette matière fuligineuse peut agir chimiquement sur elles, et d'une manière

bien plus sensible que ne le ferait l'eau et l'acide carbonique provenant de la combustion de l'alcool.

179. La place où se fait sentir la plus grande chaleur dans la flamme non agitée d'une lampe à l'esprit de vin, est précisément le sommet. La substance que l'on veut chauffer, quand elle peut supporter le contact direct de la flamme, doit être aussi petite que possible, pour pouvoir mieux observer les changemens qu'elle éprouve. On la tient au moyen d'une pince délicate en platine, ou à l'extrémité d'un fil de même métal; ou sur un morceau de feuille de platine; lorsque la substance peut se diviser en longs filamens (*splinter*), l'on introduit l'une des extrémités dans la flamme, l'autre servant de support. Dans tous les cas le support doit être aussi mince et aussi délicat que possible, afin de ne pas enlever la chaleur à la substance objet de l'expérience, et ne pas refroidir la flamme. Quelquefois il est nécessaire, surtout lorsque le support est en platine, de le tenir aussi échauffé que possible dans la partie qui avoisine l'objet, afin de diminuer la perte de chaleur qui se fait en vertu de la conductibilité, ce à quoi l'on parvient en donnant au fil une position convenable dans la flamme.

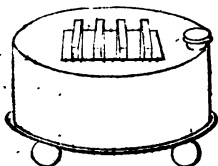
180. Lorsqu'on veut chauffer un corps plus volumineux, il vaut mieux généralement le mettre un peu plus bas dans la flamme; que précisément au point le plus ardent; la flamme entoure alors plus complètement le corps: l'on peut ainsi faire rougir facilement un petit creuset ou une cuiller de platine, tandis que dans une partie plus rapprochée du sommet ces vases s'échauffent moins par l'effet du contact continu de l'air ambiant.

181. Une feuille de platine est extrêmement utile

pour les essais que l'on fait au moyen de la lampe à esprit de vin. L'on peut facilement faire rougir un pouce carré de sa surface; elle se ploie et prend toutes les formes convenables, de manière à remplacer les creusets et les capsules pour les petits essais. La chaleur n'y produit aucun changement; il n'est attaqué que par bien peu de substances, telles que le soufre et les métaux en fusion; et de plus, il est si mauvais conducteur de la chaleur, qu'il en enlève beaucoup moins qu'aucun autre métal aux substances qu'il supporte, et qu'on peut, à cause de cette propriété, le tenir très-près de l'endroit échauffé sans se brûler.

182. Les lampes à esprit de vin de grandeur ordinaire donnent une flamme d'une hauteur qui ne surpasse pas deux pouces, la mèche étant en coton tressé d'environ un quart de pouce de diamètre; mais il faut dans un laboratoire une lampe avec une mèche plus grosse. Une lampe en cuivre, avec un bec d'un pouce de long sur un tiers de pouce de large, produira une flamme dans laquelle un creuset de platine de près de deux pouces de diamètre, et de petites cornues de verre, pourront être chauffés au rouge.

183. Il existe des lampes fort puissantes, construites d'après les principes du comte de Rumford, et qui peuvent faire office de fourneau: ce sont des lampes portant dans leur intérieur une ouverture de 0,8 à 0,9 de pouce de large sur un pouce et demi de long; dans cet espace sont placés quatre becs larges chacun d'un huitième ou dixième de pouce, et longs de toute la largeur de l'ouverture, laissant entre eux un espace libre pour la circulation de l'air.



Chacun de ces becs est isolé, soudé par sa partie latérale au corps de la lampe, et descend jusqu'à la partie inférieure, à laquelle se trouve un trou qui communique avec l'intérieur, et par lequel l'alcool arrive dans le bec; la lampe elle-même doit être un peu élevée par des pieds afin que l'air puisse circuler. On introduit l'alcool par une ouverture qui se ferme au moyen d'un clou à vis, et l'on garnit les becs en enfonçant dans chacun une mèche de lampe d'Argand doublée; que l'on coupe à environ un huitième de pouce au-dessus du haut de la lampe (*voyez la figure*).

184. Cette lampe, qui produit des effets très-puissans comparativement aux autres lampes à esprit de vin, fournit une chaleur bien plus intense par l'addition d'une cheminée. Cette cheminée peut être com-  
 à l'ordinaire un cylindre en cuivre, posant par le bas sur la surface plate de la lampe, et coupé carrément à sa partie supérieure, ou bien terminé



par trois ou quatre grands festons. Il est utile d'avoir deux cheminées, chacune d'un pouce trois quarts de diamètre; l'une d'environ trois pouces et demi de hauteur, et l'autre de cinq pouces (*voyez la figure*). Une semblable lampe a l'avantage de pouvoir être transportée facilement partout, de pouvoir produire instantanément de la chaleur, et l'on peut même, suivant le besoin, n'allumer qu'une ou deux mèches, en recouvrant les autres avec un couvercle de fer-blanc que l'on doit toujours y tenir lorsque la lampe ne brûle pas, afin d'empêcher l'évaporation de l'alcool.

185. Nous ne devons pas omettre ici de décrire la

lampe de M. Phillip, que chacun peut construire en peu de temps. Roulez un morceau de fer-blanc d'environ un pouce de long en forme de cylindre de trois huitièmes de pouce de diamètre (vous pouvez vous dispenser de le souder si les bords ont été bien ajustés avec le marteau), faites dans un bouchon convenable un trou pour y introduire ce cylindre, adaptez ensuite le bouchon et le tube sur un flacon, et, pour terminer, placez une mèche de coton dans le tube, avec l'attention de ne pas la faire trop forte, et de ne pas trop serrer le bouchon, pour que l'alcool puisse s'élever dans le tube à la faveur du coton.

186. Toutes ces lampes doivent être munies de couvercles, afin d'empêcher l'évaporation de l'alcool lorsqu'on ne s'en sert pas. La grande lampe à l'esprit de vin, décrite ci-dessus, doit en avoir un en fer-blanc pour chaque bec. On peut faire aisément un couvercle pour la lampe de M. Phillip, au moyen d'un bout de tube de verre bouché à l'une des extrémités.

187. L'alcool employé dans ces lampes n'a pas besoin d'être très-rectifié; il y aurait cependant de l'inconvénient à ce qu'il fût trop faible. L'esprit de vin ordinaire d'une densité de 0,84 ou 0,85, c'est-à-dire à 25° degrés de Baumé, peut servir à cet usage.

188. La substance produite dans la distillation du bois, et que M. Taylor appelle éther pyroligneux, remplace avantageusement l'alcool, sous le rapport du prix, puisqu'elle ne coûte que seize shillings le galon. Elle brûle très-facilement, mais elle a une odeur désagréable.

189. L'huile est un combustible tellement applicable au service des lampes, et si économique comparativement à l'alcool, que nous ne devons pas

omettre les lampes à huile dans cette énumération des sources de la chaleur. Celles qui sont construites sur le principe d'Argand, ayant des mèches circulaires avec un courant d'air intérieur et extérieur, sont très-précieuses, et sont employées habituellement aujourd'hui pour le service des laboratoires; elles sont en cuivre, mais la cheminée, au lieu d'être en verre, est du même métal. On s'en sert principalement pour les distillations ou les évaporations, car elle possède l'avantage de donner une chaleur presque toujours uniforme pendant plusieurs heures de suite, chaleur que l'on peut augmenter ou diminuer à l'instant suivant la volonté de l'opérateur. On ne peut pas toujours atteindre le plus haut degré de température que ces lampes peuvent produire, parce qu'il arrive quelquefois que malgré tout le soin et toutes les précautions qu'on y apporte, une portion de la mèche donne constamment de la fumée; lorsqu'elle est élevée à la même hauteur que le reste, en y regardant de près, l'on voit que cet endroit est celui qui correspond précisément à la crémaillère qui sert à baisser ou élever la mèche, parce qu'en cet endroit elle est exposée à un plus fort courant d'air. Si cela arrive, on remédie à cet inconvénient, pour le moment, en plaçant une petite lame de cuivre ou de fer-blanc entre le coton et cet endroit, et alors on peut élever les autres parties, jusqu'à ce qu'elles donnent toute leur lumière sans fumée.

190. On a construit des lampes à huile à doubles mèches concentriques qui fournissent beaucoup plus de chaleur; mais elles ne réussissent pas toujours dans l'application. Cela tient en général à ce que les deux mèches sont attachées à une même crémaillère, ce qui occasionne un frottement considérable et une grande

irrégularité de mouvement qui dérange promptement la lampe et la met hors de service. On remédie à ces inconvéniens au moyen de deux crémaillères dont l'une est attachée à la seconde mèche de coton exactement comme la première, mais d'un côté opposé : on peut alors avec un peu de soin arranger la lampe avec précision, et lui faire produire autant de chaleur qu'il est nécessaire pour chauffer des creusets. Il faut que les crémaillères se haussent ou se baissent régulièrement et également, et les faire mouvoir avec précaution pour que les mèches soient toujours au même niveau.

La lampe à double mèche exige aussi une attention particulière pour fournir toute la chaleur possible en évitant que l'une ou l'autre des deux mèches ne fume ; le meilleur moyen est de les couper aussi rarement que possible, de les laisser brûler régulièrement, et lorsqu'elles sont éteintes et froides, d'enlever la croûte dure du coton ; de laisser sans y toucher la portion déjà noircie par la combustion qui se trouve immédiatement au-dessous. C'est ainsi qu'un manipulateur soigneux et attentif parviendra à retirer de cette lampe tous les avantages qu'on est en droit d'en attendre, tandis que celui qui opérera avec négligence ou précipitation n'obtiendra pas de meilleurs résultats qu'avec une lampe ordinaire.

191. L'une des conditions essentielles pour le bon usage des lampes, surtout de celles à double mèche, est un large passage pour l'air qui doit entretenir la combustion. En général la combustion s'opère assez bien dans le commencement ; mais avec le temps et par l'effet de l'épaississement de l'huile et de l'accumulation de la poussière, les ouvertures se bouchent et la combustion s'arrête. Il est toujours préférable d'employer la meil-



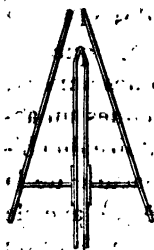
leure qualité d'huile, et bien qu'elle soit d'un prix plus élevé l'on obtient un ample dédommagement par l'uniformité de la combustion et l'intensité de la chaleur.

### *Lampes au gaz.*

192. L'application du gaz à l'éclairage est maintenant si générale dans la plupart des grandes villes et dans nombre d'établissements particuliers, que les lampes au gaz qui n'étaient, il y a quelques années, qu'un simple objet de curiosité, sont devenues un accessoire précieux et économique du laboratoire du chimiste. La régularité de la flamme et la faculté de la diriger à volonté, sont même plus grandes qu'avec la lampe d'Argand; car, au moyen de tubes flexibles ou articulés, on peut diriger la flamme avec la plus grande précision dans toutes les positions voulues. Son volume dépend de la forme du bec. On peut obtenir à volonté ou un seul jet, ou une série de jets sur une ligne, ou une flamme circulaire, ou même plusieurs flammes concentriques; ce qui fait que les applications de cette lampe à la distillation et autres opérations peuvent être bien plus nombreuses et plus utiles que celles des lampes ci-dessus décrites. Il ne faut pour cela que se procurer des becs des différentes formes voulues, que l'on puisse ajuster à frottement sur l'ouverture par laquelle s'écoule le gaz.

193. Le gaz, en brûlant, donne une flamme qui a, comme celle de l'huile, de la tendance à déposer une matière fuligineuse sur les substances qui l'environnent (177). Cette disposition est moindre dans le gaz extrait du charbon, que dans celui qui provient de

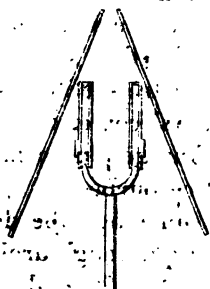
l'huile. On peut y remédier par le mélange de l'air avec le gaz dans certaines proportions, ce qui donne à la flamme l'aspect de celle de l'alcool (177). La meilleure manière d'obtenir cet effet n'est pas d'ajouter de l'air au gaz dans le gazomètre, ce qui ne se ferait toujours que partiellement, et serait quelquefois dangereux; mais par quelques modifications dans la forme des becs. L'appareil nécessaire pour produire un jet de



flamme sans fumée avec le gaz, sera facilement compris au moyen de la figure en marge, où est représentée la coupe d'un bec à un seul jet cylindrique, et celle d'un chapiteau conique fait avec une feuille épaisse de cuivre ou de laiton, et fixée au moyen de trois ou quatre fils de fer attachés sur un anneau, qui, glissant de haut en bas et de bas en haut sur le bec, peut s'arrêter à la hauteur que l'on désire. L'étendue de ce mouvement du haut en bas peut être d'environ un pouce et demi; l'ouverture au sommet doit avoir un cinquième de pouce de diamètre; on peut connaître les autres dimensions d'après la figure, qui est construite sur une échelle d'un pouce pour trois. Lorsqu'on tourne la clef du gaz, il passe à travers le bec, se répand dans la partie supérieure du cône, s'y mêle avec l'air qui y est contenu, sort par le haut à cause de sa légèreté et du courant d'air occasioné par la chaleur du cône; il entre alors en combustion. On peut mêler plus ou moins d'air avec le gaz en haussant ou en baissant le cône. En le baissant suffisamment on peut même rendre nul l'effet de cet ajustage. L'ouverture au sommet doit être assez large pour que le gaz et l'air puissent sortir avec facilité, car comme il n'y a pas de

pression exercée sur le mélange ni d'autre force qui tende à le faire monter, que la légèreté du gaz et la dilatation du mélange, produite par la chaleur du cône, il pourrait s'échapper par la partie inférieure, et quelquefois occasionner en dessous une combustion ou donner une odeur désagréable.

194. Un cône avec une ouverture au sommet, posé seulement au-dessus d'un bec d'Argand, comme dans la coupe ci-jointe, suffit pour donner un seul jet de flamme sans fumée, en n'employant que très-peu de gaz.



195. On peut faire le même arrangement pour obtenir une flamme circulaire en faisant le cône beaucoup plus grand, et en l'attachant à un cylindre intérieur au moyen de branches de réunion. Si ce cylindre est fendu par le bas et recourbé légèrement en dehors, il agira comme ressort contre l'intérieur du bec à gaz, et maintiendra le chapiteau à la hauteur voulue. On peut aisément ajouter des cheminées à ces becs, lorsqu'on le trouve à propos.

Nous n'insisterons pas davantage sur ces divers arrangements; mais on a dû les citer, parce que les premiers essais qui ont été faits dans ce genre ont montré qu'on pouvait en retirer un très-grand avantage pour les applications de la chaleur produite par la combustion du gaz.

### *Chalumeaux.*

196. Le chalumeau est un objet indispensable dans

un laboratoire; le plus simple est le meilleur: le chimiste ne possède point d'instrument plus commode, plus puissant et plus généralement utile que le chalumeau à bouche; les étudiants ne sauraient se familiariser trop tôt avec son application et ses effets.

197. On a donné à cet instrument des formes très-variées, on l'a construit avec un grand nombre de substances différentes; mais la seule chose vraiment essentielle est un tube destiné à conduire l'air sortant de la bouche, et se terminant par une très-petite ouverture ronde, par laquelle l'air puisse s'écouler d'une manière continue. Pour en rendre l'usage plus commode, l'extrémité est ordinairement recourbée.

198. Le chalumeau ordinaire est un long tube de laiton légèrement conique, courbé presque à angle droit à deux ou trois pouces de son extrémité. Mais la condensation graduelle de l'humidité que l'haleine introduit dans le tube, donne bientôt naissance à une certaine quantité d'eau qui se trouve projetée dans l'intérieur de la flamme et sur le corps que l'on veut chauffer, ce qui est toujours un inconvénient. Sous ce rapport, le chalumeau a reçu un grand perfectionnement par l'addition d'un réservoir servant à recueillir cette humidité, que l'on enlève ensuite en démontant l'instrument après l'expérience. Le chalumeau du docteur Black porte un réservoir conique, qui sert non-seulement à recueillir l'humidité, mais encore à régulariser jusqu'à un certain point la pression de l'air dans l'intérieur.

199. La partie importante du chalumeau est l'extrémité par laquelle l'air est chassé; l'ouverture doit en être ronde et bien égale, formant un petit canal conique d'au moins un tiers de pouce de longueur, s'élargissant régulièrement dans l'intérieur. L'extérieur doit

avoir aussi une forme régulière, s'amincissant par degrés jusqu'à l'extrémité, afin que, lorsque l'air intérieur est poussé en dehors, l'air extérieur puisse suivre facilement le mouvement qui lui est communiqué, et que la forme extérieure n'apporte aucune altération dans l'uniformité de ce mouvement. Le meilleur modèle que l'on puisse prendre est celui que l'on obtient en tirant à la lampe un tube de verre cylindrique et le coupant à l'une de ses extrémités, de manière à obtenir une ouverture d'une dimension convenable. (*Voyez la*



*fig. en marge.*) La grandeur de l'ouverture d'un chalumeau doit dépendre de la flamme que l'on veut produire et de la substance que l'on veut chauffer; pour l'usage ordinaire on peut lui donner d'un quarantième à un cinquantième de pouce de diamètre.

200. On se sert de différentes substances pour fabriquer les becs de chalumeau; mais l'on doit toujours préférer celles qui sont le moins facilement altérables; et afin d'avoir des ouvertures de différentes grandeurs, on en fait souvent des pièces séparées de l'instrument susceptibles de s'y ajuster selon le besoin. Il est bien de les faire en platine et de leur donner une forme approchant le plus possible du modèle dont nous avons parlé; le seul inconvénient que l'on pourrait peut-être trouver à ces becs si déliés serait la facilité avec laquelle ils peuvent se déformer par le choc; mais il est facile d'éviter cet inconvénient avec un peu de soin et d'attention.

201. Lorsqu'on n'a pas à sa disposition de chalumeau métallique, on y supplée facilement au moyen d'un tube de verre de neuf à dix pouces de longueur, dont on effile à la lampe une des extrémités. On le coupe

ensuite de manière à lui donner une ouverture convenable, et enfin on le recourbe à deux pouces environ au-dessus de l'extrémité effilée. Malheureusement cet instrument, très-bon d'ailleurs, est extrêmement fragile, et la partie plongée dans l'intérieur de la flamme est très-exposée à se fondre.

202. La première chose à acquérir pour se servir du chalumeau est l'habitude de souffler d'une manière sûre et constante. Il est aisé en soufflant dans un chalumeau à la manière ordinaire, de produire un courant d'air qui, dirigé sur une chandelle allumée, fasse naître un jet de flamme clair et régulier; mais l'on s'apercevra bientôt que cette manière d'opérer est incertaine et fatigante, et qu'il faut avoir recours à l'action des muscles des joues pour produire un courant d'air continu.

203.—204.—205. Il faut chercher d'abord à suppléer pendant quelques instans à l'action des poumons par celle de la bouche, en ne chassant dans l'intérieur du chalumeau que l'air qu'elle contient. Cette pratique très-simple, et très-facile à acquérir, n'est pas susceptible néanmoins d'être décrite avec une grande précision. L'on devra s'exercer à remplir sa bouche d'air et à la maintenir dans cet état en respirant seulement par les narines. Si l'on place alors un chalumeau entre les lèvres, en communication avec l'intérieur de la bouche, l'on pourra, par la seule action des muscles des joues et de la mâchoire, chasser l'air dans l'intérieur du chalumeau sans que les poumons prennent aucune part à cet effet; et si la respiration continue à s'opérer par les narines en tenant la capacité de la bouche entièrement pleine d'air, l'on pourra continuer long-temps à souffler de la sorte sans éprouver d'autre inconvé-

nient qu'un peu de lassitude dans les muscles des joues.

206.—207. Les premiers essais sont nécessairement pénibles et fatigans, mais l'on finit bientôt par en acquérir l'habitude. L'on doit surtout ne pas s'attacher à produire un courant très-fort; il suffit qu'il soit régulier et constant, quelque faible qu'il puisse être d'ailleurs.

208. L'on emploie fréquemment le chalumeau pour augmenter la chaleur produite par les lampes à esprit de vin, lorsqu'il s'agit de chauffer fortement de petits creusets de platine, des feuilles de même métal, des tubes de verre, etc. Cependant toutes les fois que l'on a besoin de produire une chaleur très-intense sur une petite surface, il est convenable de prendre de préférence une chandelle ou une bougie; une lampe à huile ayant une mèche d'environ trois dixièmes de pouce de diamètre remplit très-bien cet objet; l'on y substitue quelquefois une lampe à mèche plate, afin de produire une flamme d'une plus grande dimension si cela est nécessaire.

209. Lorsqu'on se sert d'une lampe, on la dispose à la manière ordinaire; puis, après l'avoir allumée, on place le bec du chalumeau dans une direction horizontale, un huitième ou un dixième de pouce au-dessus de la mèche; soufflant alors régulièrement dans l'instrument, on verra la flamme s'allonger horizontalement et se projeter sous forme d'un dard lumineux dans la direction du courant d'air. Cette flamme doit être constante dans sa direction et sa longueur, sans aucune espèce d'intermittence, et n'être accompagnée d'aucun bruit sensible. Une petite portion de la flamme à sa naissance donne une lumière vive et éclatante; mais un peu plus loin, elle prend une forme conique d'un bleu clair, et se termine par un prolongement

gement d'un jaune pâle qui s'étend quelquefois à un pouce au-delà de l'extrémité de la flamme bleue. Celle-ci doit être très-apparente dans l'intérieur et de forme bien déterminée.

210. Lorsqu'on se sert de chandelles ou de bougies, il est nécessaire de les moucher souvent ; mais il faut éviter cependant que la mèche ne soit trop courte, et avoir soin de l'incliner légèrement et diriger obliquement le courant d'air ; car, si le dard de la flamme était horizontal, il ne tarderait pas à fondre le suif du côté opposé au bec du chalumeau. Les lampes à huile offrent moins de commodité, en ce qu'il faut en renouveler fréquemment le combustible.

211. La lampe ou la bougie doit être placée à une hauteur convenable, pour que le bras qui porte le chalumeau puisse être solidement appuyé sur la table, ce qui fournit une grande facilité. L'on doit, surtout en commençant, s'efforcer d'obtenir un dard tellement constant et régulier, qu'il paraisse tout-à-fait immobile, et cependant pouvoir à volonté en changer la direction, afin de porter l'action de la chaleur sur tous les points nécessaires.

212. Le point où se trouve la plus haute température est précisément l'extrémité du cône bleu ; la combustion y est complète, et il se trouve moins exposé que les autres parties aux causes de refroidissement. Il est plusieurs parties de la flamme qui possèdent des propriétés particulières, qu'il est bon de faire connaître. En dehors de la flamme bleue, la combustion est terminée, tout le combustible est complètement brûlé, l'oxygène s'y trouve dès lors en excès, et cet excès s'accroît à mesure qu'on s'éloigne davantage du centre. Ainsi, cette portion de la flamme jouira d'un



pouvoir d'oxidation considérable en raison de l'élévation de la température, et de la présence de l'oxygène libre. La flamme bleue, au contraire, dans laquelle il existe une substance combustible non encore saturée d'oxygène, sera susceptible d'absorber ce principe aux corps oxidés. Aussi M. Berzélius recommande-t il de bien apprendre à distinguer ces deux portions de la flamme, ce à quoi l'on parvient facilement en chauffant sur un support de charbon un grain d'étain gros comme un plomb de chasse ordinaire, alternativement dans la flamme bleue et dans la flamme blanche; dans cette dernière, le métal se convertit en une croute blanchâtre d'oxide d'étain; mais il se réduit promptement, se fond, et reprend le brillant métallique, lorsqu'on le chauffe dans la flamme bleue.

213. Lorsqu'on n'a pas besoin d'une température très-élevée, et que la substance que l'on veut chauffer est d'un gros volume, il faut se servir d'une flamme plus large, ce qu'on obtient au moyen d'une lampe à alcool ou d'une lampe à huile à mèche plate, en dirigeant le courant d'air dans le sens de la longueur du coton. Il est même convenable d'employer un bec de chalumeau d'une plus grande ouverture; l'on change ainsi la flamme, qui était tranquille et fixe, en une flamme frémissante accompagnée d'une espèce de ronflement; elle est beaucoup plus propre que la première à chauffer une grande surface. Une semblable flamme peut faire rougir complètement un creuset ou une capsule, tandis que la flamme tranquille produite avec la même lampe et le même instrument, en chaufferait très-fortement une petite partie, et laisserait le reste presque froid. Lorsqu'on chauffe ainsi un tube de verre pour le courber ou le souffler, on apprécie facilement

ces différences, et c'est une erreur de croire que le chalumeau ne soit utile dans un laboratoire que pour concentrer et augmenter la chaleur, car on l'emploie souvent, seulement dans l'intention de la diriger. En se servant de la grande lampe à esprit de vin décrite (182), activée par le chalumeau à bouche, l'on peut très-facilement chauffer au rouge un creuset de platine d'un pouce et demi de diamètre dans toutes ses parties, et faire rougir en très-peu de temps, au point de le courber aisément, un tube de verre d'une épaisseur considérable. Le chalumeau sert encore fort souvent pour diriger, selon le besoin, la flamme d'une bougie ou d'une petite lampe sur des vaisseaux de verre, ou pour fondre des portions de ciment sur quelques parties d'un appareil. C'est alors surtout qu'il est nécessaire de pouvoir diriger à volonté le dard de la flamme.

214. Le courant d'air est encore chaud à une grande distance au-delà de la flamme, et il est nécessaire d'apprendre à en apprécier la direction et les effets par l'expérience, parce qu'il peut être utile pour faire chauffer différens vases.

215. La théorie du chalumeau est très-simple; son pouvoir dépend de la combustion plus parfaite, du combustible et du contact perpétuel de la matière que l'on veut chauffer avec les substances gazeuses en ignition. La force qui chasse l'air du chalumeau est tellement supérieure à la force ascensionnelle de la matière combustible gazeuse, que la forme et la direction de la flamme en sont entièrement changées, et que les mouvemens de l'atmosphère ne produisent plus que peu d'effet sur elle. Comme cette direction est constante et invariable, le point le plus échauffé ne changera pas, et si l'on y place un corps, il recevra l'action

successive de toutes les particules échauffées qui se dirigent avec une grande rapidité dans le même sens, de telle manière qu'il ne saurait y avoir aucune perte de chaleur pour ce corps par le contact de molécules plus froides, et que l'élevation de sa température n'est plus limitée que par celle de la flamme elle-même, ou par l'effet du rayonnement et de la conductibilité des supports.

216. Pour obtenir la plus haute température possible dans une substance exposée à l'action du chalumeau, non-seulement il est nécessaire de choisir l'endroit le plus échauffé de la flamme, mais il faut encore avoir égard à plusieurs autres circonstances. L'on a observé dans la pratique (et cela peut aisément s'expliquer en théorie), que plus le corps que l'on chauffe est petit, plus on atteint facilement le maximum de la température. Il faudra donc diminuer autant que possible le volume de la substance que l'on veut exposer à une haute température; les supports n'auront que très-peu de masse, afin d'éviter l'absorption de la chaleur et sa déperdition à l'extérieur; ils devront aussi pouvoir résister au plus haut degré de température auquel on veut les exposer, et n'exercer sur la substance qu'on examine aucune action chimique ou du moins aucune action qui puisse faire illusion sur les propriétés que l'on veut observer. C'est pour cette raison qu'on emploie fréquemment pour support, des fils ou des lames minces de platine, et que l'on construit de petites pinces dont les pointes très-déliées sont en platine pour tenir dans la flamme les petits corps qui n'ont aucune action sur elles. L'extrémité opposée de cet instrument porte souvent une pincette d'acier, propre à briser ou à détacher de petits

fragments de minéraux ou de quelques corps fragiles. Lorsque l'on peut en détacher une lame mince et très-aiguë, il est toujours plus avantageux, pour obtenir une haute température, d'en chauffer directement l'extrémité, que de prendre un fragment de la substance, quelque petit qu'il soit, supporté par un corps étranger.

217. M. Smithson emploie comme supports de petites plaques d'argile qu'il obtient en battant de l'argile blanche réfractaire entre des feuilles de papier, de la même manière qu'on bat l'or; il coupe ensuite avec des ciseaux l'argile et le papier, en morceaux de quatre dixièmes de pouce de longueur, et de deux dixièmes et demi de large; il les durcit alors au feu coupés en petits triangles très-aigus, ils peuvent remplacer très-bien le *sappare* de Saussure (1). L'on parvient à fixer la substance que l'on veut chauffer à l'extrémité de ces petits triangles, en délayant de l'argile très-réfractaire avec un peu d'eau; l'on en applique une petite quantité tout-à-fait à l'extrémité, et l'on touche ensuite avec cette extrémité la substance que l'on veut chauffer; l'argile se dessèche presque instantanément, et l'on peut introduire la substance dans la flamme en toute sûreté. L'on peut opérer de la même manière pour la fixer à l'extrémité du fil de platine; et soumettre à l'action de la chaleur des quantités aussi petites que possible. M. Smithson emploie quelquefois, au lieu d'argile, la poudre de la substance elle-même délayée dans l'eau, et parvient ainsi à en fixer des portions extrêmement ténues au bout du fil de platine.

Le lieutenant-colonel Totten a modifié ces diverses

(1) Biotène.

méthodes de la manière suivante : il réduit la substance en poudre fine, et la délaie avec de l'eau fortement gommée, de manière à en faire une pâte à laquelle il donne la forme de cônes allongés d'un quart ou un cinquième de pouce de longueur ; lorsqu'ils sont parfaitement secs, il en humecte légèrement l'extrémité ; puis les saisissant avec les pincettes, il présente l'extrémité humide à la parcelle sur laquelle il veut opérer. Celle-ci y adhère, et peut être ensuite soumise à l'action de la chaleur sans se déranger.

218. Dans toutes les expériences que l'on fait sur des parcelles minimales ou sur de petits éclats, il faut, pour en examiner les résultats, se servir d'une loupe ; l'on aperçoit ainsi très-souvent des indices de fusion qui auraient échappé à l'œil nu.

219. Lorsqu'on emploie dans les essais au chalumeau le charbon de bois, soit comme support, soit par rapport à son action chimique sur les corps, l'on doit choisir celui qui provient de jeunes branches pleines de sève ; il doit être sans fentes ni crevasses : le charbon de bois d'aune est sans contredit le meilleur, à cause de sa texture serrée et de l'absence des crevasses dont nous venons de parler. Pour s'en servir on creuse avec un couteau une petite cavité sur sa partie convexe, quelquefois même sur la surface produite par la fracture transversale ; on place la substance dans cette cavité, et l'on dirige obliquement sur elle le dard de la flamme. Le charbon d'environ un pouce de diamètre est le plus convenable, en ce qu'il permet d'approcher facilement de la flamme la substance à laquelle il sert de support. Il serait difficile de diriger la flamme perpendiculairement dans la cavité, et lors même que cela serait praticable, il faudrait tâ-

cher de l'éviter, car, dans ce cas, elle revient sur elle-même, et il se produit dans le courant des irrégularités qui s'opposent à ce qu'on obtienne une température très-élevée. Il faut en général diriger le courant obliquement, de manière que la flamme entrant par un des bords de la cavité, puisse, après avoir frappé sur la substance que l'on veut chauffer, revenir un peu sur elle-même et s'échapper ensuite par le bord opposé.

220. Nous croyons inutile de nous étendre ici davantage sur les emplois du chalumeau, et nous renverrons à l'ouvrage de M. Berzélius (1). Les étudiants y trouveront tout ce qui a rapport à la manière de se servir du chalumeau, et tout ce qui concerne les essais des substances que l'on peut examiner avec cet instrument.

221. Un instrument du même genre, et qui est très-employé dans les laboratoires de chimie, est la table à chalumeau (ou table d'émailleur), qui se compose d'une petite table munie à sa partie inférieure d'un soufflet à double courant d'air qui peut être mis en mouvement par une pédale; ce soufflet communique avec un tuyau qui vient ressortir au-dessus de la table, et qui se termine par un bec effilé. Ce bec entre à frottement dans le tuyau, et peut être dirigé à volonté dans différens sens; son ouverture doit être plus grande que celle du chalumeau ordinaire, puisqu'il est destiné à agir sur une flamme plus considérable; mais elle doit être toujours ronde et parfaitement régulière. Cette partie de l'instrument est toujours fournie par le fabricant lui-même; mais on peut toujours

(1) De l'emploi du chalumeau dans les analyses chimiques et les déterminations minéralogiques, traduit du suédois, par F. Fresnel. Paris, 1821.

se procurer d'excellens becs au moyen d'un tube de verre épais, effilé comme nous l'avons dit ci-dessus (201). La lampe, qui se vend également avec la table, quoiqu'elle en soit une partie entièrement détachée, doit avoir un bec capable de recevoir un gros écheveau de coton, épais d'environ un demi-pouce sur une largeur d'un pouce. Le bec de cette lampe doit se trouver élevé de deux ou trois pouces au-dessus du niveau de la table, afin de rendre plus facile la direction du jet de flamme. L'huile est le combustible qu'on emploie le plus fréquemment; mais le suif ou la graisse fournissent peut-être plus de chaleur.

222. La lampe étant garnie et allumée, on la place sur la table en face du bec du chalumeau; puis s'asseyant sur une chaise, l'on pose un pied sur la pédale, et l'on fait mouvoir légèrement le soufflet. On dirige alors le bec du tube jusqu'à ce que, se trouvant dans une position presque horizontale, son extrémité affleure le bord inférieur de la flamme, ou n'y pénètre que très-peu. Le vent doit être assez fort pour que la flamme se réunisse en un seul faisceau, suivant précisément la direction du courant d'air. S'il n'était pas assez puissant pour produire de suite cet effet, il ne faudrait pas chercher à l'obtenir en faisant mouvoir rapidement le soufflet pour le remplir d'air complètement, afin de le faire sortir avec plus de vitesse par la pression directe du pied. Il vaudrait mieux placer sur la partie supérieure du soufflet un certain nombre de poids; qui, exerçant sur l'air une pression considérable, augmenterait suffisamment la force du courant. Il est évident que, toutes choses égales d'ailleurs, le soufflet; lorsqu'il est entièrement plein d'air, le chasse avec une vitesse plus grande que lorsqu'il n'en contient qu'une

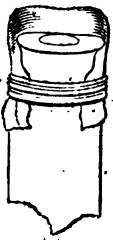
petite quantité; par conséquent, l'on peut, sans rien changer au poids qu'on a placé dessus, modifier à volonté la force du jet par la seule action du pied.

223. Il n'est pas toujours nécessaire que la flamme entière de la lampe soit entraînée dans la direction du courant d'air; et comme la partie excédante qui s'élève perpendiculairement donne beaucoup de fumée, il est convenable de la faire passer dans un petit tuyau terminé par le bas en entonnoir. Cette disposition peut d'ailleurs avoir l'avantage de soustraire l'œil à l'action continuelle de la partie brillante de la flamme, et permettre par conséquent de suivre beaucoup mieux les progrès de l'opération. C'est particulièrement lorsque le volume de la flamme est trop considérable pour le courant d'air, qu'une portion échappe ainsi à son action; dans ce cas, on enfonce un peu plus le bec dans l'intérieur de la flamme, et l'on voit alors toute la portion placée en avant du bec se projeter sous forme de dard lumineux, tandis que la portion qui est en arrière s'élève perpendiculairement sans éprouver de déviation dans sa direction. Le dard de la flamme doit être conique, non vacillant, non brisé sur les bords, se terminant en une seule pointe bleue entourée d'une lueur faible et sans fumée.

224. Il est nécessaire, suivant le besoin, de faire éprouver à cette flamme quelques modifications, comme nous l'avons déjà dit pour le chalumeau à bouche. Lorsque le courant d'air est fort, et que le bec est retiré un peu en arrière, la flamme devient bruyante, tremblante et diffuse; elle est alors d'une couleur bleuâtre, ne produit pas de fumée, et peut être employée utilement pour chauffer un creuset ou des tubes de verre épais.



225. Il sera toujours facile de construire soi-même au besoin un appareil qui puisse remplacer la table d'émailleur. L'on commencera d'abord par faire grossièrement un chalumeau avec un morceau de tube de verre effilé que l'on adaptera sur un autre tube de verre ou de métal : ce premier servira à en faire un second d'une forme et d'une dimension plus convenable. Si l'on manque de soufflet, on y suppléera par une grosse vessie, ou mieux encore, par un ballon de taffetas gommé imperméable à l'air. On le place sous une planche, de manière à ce qu'il puisse être soumis à une pression déterminée, et l'on y introduit de l'air avec la bouche, au moyen d'un second tube ; ce dernier doit porter à l'extrémité opposée à celle où l'on applique la bouche une soupape qui empêche la rentrée de l'air dans les poumons, ce qui est très-facile à faire. L'on prend un tube d'un diamètre à peu près semblable à celui qui est représenté en marge, dont l'extrémité soit parfaitement unie et égale ; l'on a, d'une autre part, une bande de taffetas gommé, ou si l'on en manque, un ruban ordinaire que l'on enduit de cire. Le taffetas ou le ruban doit être un peu plus large que l'orifice du tube, sur l'extrémité duquel on l'ajuste en rabattant les bouts le long du tube, et les y fixant au moyen d'un



fil. Ce ruban ne doit pas être assez serré contre l'extrémité du tube pour que l'air, chassé par la bouche, ne puisse passer entre eux ; mais il faut qu'il soit tellement disposé, que la pression intérieure, produite en sens contraire, le force à s'appliquer exactement contre les bords du tube, de manière à empêcher le retour de l'air. Tous les tubes nécessaires pour cet instrument, à

l'exception du bec, peuvent être même en papier, comme on le verra plus bas (1223).

226. On dispose facilement une lampe pour un chalumeau de ce genre, au moyen d'un échecau de coton que l'on place sur le bord d'un petit vase quelconque rempli d'huile; une petite capsule à évaporation est très-convenable pour cet usage.

227. Le chalumeau pneumatique est un instrument plus portatif que la table d'émailleur, mais qui n'exige, d'après ce que nous venons de dire, aucun renseignement particulier sur la manière de s'en servir.

228. Il existe d'autres chalumeaux dans lesquels on remplace l'air ordinaire par l'oxigène ou d'autres gaz, et qui produisent des effets bien supérieurs. Les divers perfectionnements dont ils ont été l'objet, outre qu'ils ont permis d'obtenir une température extrêmement élevée, ont fait disparaître tous les dangers qui pouvaient accompagner leur usage. Nous ne parlerons ici que des plus simples de ces appareils, et nous n'insisterons particulièrement que sur ce qui a rapport à la manière de s'en servir, de les construire et d'en corriger les défauts.

229. Un procédé simple et sûr pour obtenir une haute température, et dont le docteur Marcet a fait connaître tous les avantages, consiste à exciter la flamme d'une lampe à alcool, au moyen d'un chalumeau alimenté par le gaz oxigène. La flamme se trouve alors beaucoup moins volumineuse qu'avec l'air ordinaire; elle est aussi beaucoup plus brillante, et présente un aspect différent; il n'existe aucune portion dans son intérieur où la matière combustible soit en excès et où, par conséquent, la désoxigénation puisse avoir lieu comme avec le chalumeau ordinaire (212); aussi ne

doit-on jamais s'en servir pour les mêmes usages, car on s'exposerait à n'obtenir que des résultats négatifs ou trompeurs.

230. L'appareil connu sous le nom de chalumeau de Leeson est commode pour l'emploi du gaz oxygène; il consiste en une bouteille de caoutchouc ou gomme élastique, que l'on remplit de gaz oxygène, de manière à la distendre considérablement. On y adapte un tuyau à robinet, et lorsqu'il est ouvert, le gaz s'écoule régulièrement par l'effet de la contraction spontanée de la bouteille. Cette bouteille peut être remplacée par des vaisseaux métalliques assez forts pour contenir le gaz oxygène comprimé sous plusieurs atmosphères; et si on leur donne une forme arrondie et de petites dimensions, ils deviennent des instrumens aussi utiles qu'élégans.

231. L'usage de l'hydrogène, comme combustible, et employé pour remplacer l'huile, l'alcool, etc., a donné lieu à des appareils de diverses formes, dont quelques-uns ne sont pas sans danger pour les commençans. Le docteur Hare est le premier qui se soit servi du mélange de ces deux gaz, et qui en ait décrit les effets. Les gaz étaient conduits séparément par deux tuyaux différens, et brûlés à l'instant même du mélange. Cette disposition, qui sera facilement comprise de chacun, et qui produit une chaleur extrêmement intense, était sans aucun danger pour l'opérateur.

232. Les expériences faites par sir Humphry Davy, durant le cours de ses recherches sur la nature de la flamme, ayant démontré que la flamme des mélangés explosifs ne traversait jamais des ouvertures d'une très-petite dimension, l'on construisit bientôt des chalumeaux dans lesquels l'hydrogène et l'oxygène furent

mélangés sous une pression de plusieurs atmosphères, dans les proportions convenables pour faire de l'eau, et renfermés dans des boîtes métalliques auxquelles on ajustait des tubes d'un très-petit diamètre. Le mélange était enflammé à sa sortie, et continuait à brûler sans que la flamme se communiquât dans l'intérieur; mais plusieurs circonstances concoururent à occasioner des accidens. Il arrivait souvent que l'ouverture du tube était trop large, qu'il s'échauffait promptement ou se brisait, ou quelquefois même, que la rapidité du courant venant à diminuer, la flamme entraît à l'intérieur, et occasionait une explosion. Aussi, malgré les nombreuses précautions employées pour empêcher le retour de la flamme sur elle-même, il n'est, à ma connaissance, aucun de ces appareils qui, par quelques défauts inaperçus, ou par l'effet de quelque accident, n'ait fini par échouer; et l'on ne peut considérer comme parfaitement sûrs que ceux dans lesquels le réservoir d'air, comme dans l'appareil du docteur Clarke, est séparé de l'opérateur par une cloison ou une muraille capable de le mettre à l'abri de tout danger. L'on doit peut-être préférer ensuite ceux inventés par M. Gurney, dans lesquels les gaz sont renfermés dans des enveloppes si minces, que dans le cas où ils éclateraient, les fragmens ne pussent occasioner aucun accident. La seule chose qu'il y aurait à craindre dans ce cas, serait que la violence de l'explosion ne fracassât les appareils environnans, et ne les lançât au loin.

233. Avant de terminer cette section, il est à propos de traiter encore quelques points relatifs à l'économie et à l'application de la chaleur : ce sont les modes de chauffage au moyen d'agens intermédiaires; plusieurs sont d'une importance majeure dans un laboratoire,

soit pour les opérations journalières, soit pour quelques cas particuliers.

234. Nous avons dit (152 et 156) tout ce qui a rapport à la construction et à la disposition générale des bains de sable. Les bains d'eau, ou bains-marie, ont cela de commun avec le bain de sable, que la chaleur est transmise par un corps intermédiaire; mais ils en diffèrent en ce que la température ne peut jamais excéder 100°, et qu'elle peut y être maintenue aussi long-temps qu'on le désire : cet avantage est extrêmement précieux pour les macérations et infusions de beaucoup de substances organiques, qui seraient infailliblement détériorées par l'effet d'une température plus élevée. Les vases qui doivent contenir la substance que l'on veut exposer à la chaleur sont ordinairement construits avec le bain-marie; c'est ainsi que dans le pot à colle forte du charpentier, le vase contenant la colle est ajusté sur celui qui renferme l'eau, et qui est exposé à l'action directe du feu.

235. Le bain d'eau, outre l'avantage qu'il a de régulariser la chaleur et de l'entretenir constamment, lorsqu'il est nécessaire, à 100°, peut, à cause de la liquidité du corps intermédiaire dont on se sert, permettre d'en reconnaître facilement la température à l'aide du thermomètre, et de modifier l'action du feu suivant le degré que l'on veut produire. L'on peut donc ainsi soumettre un corps quelconque à toutes les températures comprises depuis la température ordinaire jusqu'à 100°. Si l'on voulait connaître, par exemple, quel est le point de fusion de la cire ou d'une résine, il suffirait d'en mettre un morceau dans un tube, de plonger celui-ci dans l'eau, et d'en élever graduellement la température en y promenant le thermomètre; qui doit en

faire connaître le degré. Il ne s'agira plus alors que d'observer le thermomètre à l'instant où la matière commencera à entrer en fusion.

236. Dans un laboratoire on n'a pas en général des bains d'eau construits exprès pour tous les vases que l'on désire chauffer : on peut y suppléer au moyen d'un poëlon d'une profondeur proportionnée à l'objet que l'on veut y mettre. Il ne faut pas que le vase que l'on veut chauffer porte directement sur le fond du poëlon ; il est mieux de le poser sur une légère couche de paille, de foin ou de filasse. L'on doit placer en travers du bain, une planche percée de plusieurs trous, pour recevoir le col des flacons et les maintenir droits ; il suffit quelquefois, pour remplir le même objet, de les assujettir avec de la paille. Cette paille aura également l'avantage d'empêcher les soubresauts et les mouvemens trop brusques produits par l'ébullition de l'eau. Il est évident que si les vases touchaient immédiatement le fond du poëlon, la température pourrait n'être plus uniforme et constante ; qu'elle pourrait se transmettre directement du fond du poëlon à la substance, et la chauffer beaucoup plus fortement qu'il ne serait convenable.

237. Une capsule à évaporation peut servir de bain d'eau ; pour cela on place la substance dans une capsule plus petite qu'on laisse flotter à la surface du liquide contenu dans la plus grande. Un tube de verre peut servir aussi quelquefois de bain-marie pour un tube d'un diamètre plus petit ; si la vapeur de l'eau pouvait porter quelque altération dans la substance que l'on chauffe, il suffirait de la placer dans un tube beaucoup plus long que celui qui sert de bain-marie (*voyez la figure*).



238. Il est nécessaire de porter une grande attention à ce que la quantité d'eau qui se trouve dans le bain ne diminue pas assez pour mettre la capsule qui flotte en contact immédiat avec le fond, ce qui ne manquerait pas d'avoir un grand inconvénient pour la substance que l'on chauffe. Pour cette raison, comme pour plusieurs autres, il est souvent convenable de mettre une légère couche d'huile sur la surface de l'eau du bain. Si, par exemple, le bain d'eau se trouve placé sur une lampe d'Argand ou un petit fourneau, l'évaporation s'accroît tellement à mesure que la température s'élève, que lorsqu'elle a acquis un certain degré, il devient ensuite très-difficile de la porter plus haut, malgré l'activité de la combustion; il arrive même quelquefois qu'on ne peut pas la porter à l'ébullition, parce qu'alors le liquide perd autant de chaleur par l'effet de l'évaporation qu'il en reçoit du foyer. Mais si l'on verse sur sa surface une légère couche d'huile, celle-ci empêchant l'évaporation, et par conséquent la perte de chaleur qu'elle entraîne, l'eau acquiert bien plus rapidement son maximum de température. Si l'on désire la maintenir au-dessous du point d'ébullition, on le fait avec une bien moindre dépense de chaleur. De plus, l'eau n'éprouvant pas une diminution sensible dans son volume, exige beaucoup moins de surveillance, et demande à être renouvelée moins souvent. Il faut encore remarquer que la substance contenue dans le vase intérieur ne se trouve plus exposée à l'action de la vapeur de l'eau. Toutes les fois qu'il est nécessaire que la chaleur n'atteigne pas le degré de l'eau bouillante, il faut placer un thermomètre dans le liquide, et régler le feu sur le degré qu'il indique.

239. Si l'opération que l'on fait exige une tempé-

rature supérieure à celle de l'eau bouillante, il faut, au lieu d'eau pure, se servir d'une dissolution saline ou de l'intermédiaire d'un métal en fusion. Plusieurs dissolutions peuvent être employées à cet effet, et comme elles n'entrent en ébullition qu'à une température supérieure à 100°, l'on pourra obtenir tous les degrés de chaleur depuis l'eau bouillante jusqu'à leur point d'ébullition.

Une dissolution saturée de bitartrate de potasse

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| entre en ébullition à . . . . . | 101°  |
| Alun. . . . .                   | 104   |
| Borax. . . . .                  | 105,5 |
| Sel commun. . . . .             | 106,6 |
| Tartrate de potasse. . . . .    | 112   |
| Muriate d'ammoniac. . . . .     | 113   |
| Nitre. . . . .                  | 114   |
| Sel de la Rochelle. . . . .     | 115   |

S'il faut une température particulière, celle, par exemple, de 112°, ou pourra l'obtenir de deux manières : premièrement, en choisissant une dissolution qui, lorsqu'elle est saturée, entre en ébullition à ce degré, comme celle de tartrate de potasse : dans ce cas il suffit de la tenir bouillante pour avoir la température voulue ; secondement, en ajoutant à l'eau une quantité suffisante d'un sel capable de donner une dissolution qui, bien que non saturée, exige une température plus élevée pour entrer en ébullition, le thermomètre indiquera alors le degré que l'on cherche. Le sel de la Rochelle et le sel de nitre sont très-convenables pour cet usage, puisqu'ils élèvent la température jusqu'à 114° ou 115°. Un peu d'huile répandue à la surface de ces dissolutions salines produit un effet aussi avan-



tageux que pour l'eau pure (238). L'on doit en général, dans ces expériences, rechercher les sels, qui sont à la fois peu chers, et sans action sur les vases dont on se sert.

240. Les bains de dissolution saline peuvent élever la température jusqu'à 182°; mais pour une température supérieure, il faut nécessairement avoir recours aux bains métalliques. Les dissolutions salines ont, outre l'avantage de l'économie, celui d'une température qui ne peut pas dépasser un certain degré. Les bains métalliques au contraire sont lourds et dispendieux, et ne peuvent en général être faits que sur une petite échelle; leur principal usage consiste à pouvoir exposer une substance à une chaleur progressivement croissante, et à déterminer au moyen du thermomètre quel est le degré particulier auquel se produit tel ou tel phénomène.

241. Le mercure est, parmi tous les métaux, celui qui se présente naturellement comme le plus convenable pour cet usage. Avec quelques précautions, on peut, avec son secours, obtenir toutes les températures jusqu'à 250° ou 300°, surtout si le mercure est contenu dans un tube; mais si l'on agit à vase ouvert, comme dans un creuset ou une capsule, l'on ne doit pas se permettre de dépasser 230°, car l'on s'exposerait, non-seulement à perdre une portion de mercure par l'effet de l'évaporation, mais il pourrait en résulter des inconvénients pour l'opération et des dangers très-graves pour l'opérateur.

242. L'alliage fusible composé de bismuth 8 parties  
 plomb 5  
 étain 3  
 qui fond avant 100°, est extrêmement convenable pour fournir toutes les températures jusqu'au rouge;

mais il a l'inconvénient, lorsque l'on atteint cette température, de former à la surface une couche d'oxide qui augmente continuellement. L'on emploie le plomb et l'étain pour les températures au-dessus de leur point de fusion : le premier fond à 220°, et l'autre à 260°.

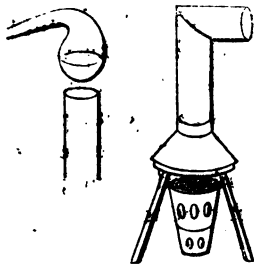
243. L'on peut, pour ces bains métalliques, employer des tubes de verre jusqu'au point où ils commencent à se ramollir; l'on pourrait également employer des capsules, mais seulement pour de petites quantités, car il serait toujours dangereux d'y mettre une quantité considérable de métal. Des creusets de terre sont en général assez convenables; cependant toutes les fois que l'on opère sur des quantités un peu fortes, il vaut mieux se servir d'un creuset ou d'une capsule de fer.

244. Le thermomètre au mercure peut servir pour définir la température jusqu'à 343°, mais il faut qu'il soit ouvert par le haut pour les degrés au-dessus de 304, par les raisons que nous ferons connaître plus tard (206). Pour avoir exactement la température du bain, l'on doit promener le thermomètre dans le liquide, afin de la rendre uniforme; ou de prendre la température moyenne de toutes ses parties. Il faut également promener dans l'intérieur du bain le tube qui renferme le corps soumis à l'action de la chaleur. Lorsque l'on emploie des métaux autres que le mercure, l'on met à la surface une couche de suif ou de résine, qui s'oppose à l'oxidation lorsque la chaleur ne doit pas être portée au-dessus de 370°; mais à une température plus élevée, les vapeurs produites par la décomposition de ces substances pourraient incommoder. Quand le bain métallique est très-échauffé et couvert d'une couche d'oxide, il faut avoir soin, en introduisant le corps que l'on veut soumettre à son action, d'en nettoyer la sur-

face et de ramener l'oxide sur l'un des bords, afin d'éviter qu'il ne se forme une croûte trop épaisse qui pourrait s'opposer à l'égale répartition de la température.

245. Il est des occasions, à la vérité peu fréquentes, où il est nécessaire d'avoir une température constante qui ne s'élève pas à 100°. Comme dans la préparation de l'oxide de chlore extrait du chlorate de potasse par l'acide sulfurique, il convient alors de faire chauffer le tube qui renferme le mélange, dans de l'alcool rectifié ou étendu d'eau; la température ne s'élevant pas, dans ce cas, aussi haut qu'avec l'eau seule, l'on est moins exposé aux explosions qui pourraient être produites par une chaleur plus forte.

246. L'air échauffé est, dans plusieurs circonstances, un très-bon moyen de transmettre la chaleur, et nous devons par conséquent l'examiner ici sous ce point de vue. Si la disposition du *fourneau-table* (152) permet de se procurer facilement un courant d'air chaud, à l'aide d'une légère modification, l'on ne doit jamais négliger de le faire. Il suffira pour cela de placer une bouche de chaleur à l'une de ses extrémités; mais en général il est peut-être plus commode d'employer à cet effet le courant d'air chaud résultant des produits gazeux fournis par des lampes ou par de petits fourneaux. Un tuyau en entonnoir soutenu au moyen d'un trépied à une certaine distance au-dessus d'un fourneau, (*voyez les figures*) remplit très-bien l'objet qu'on se propose. Le courant d'air peut être dirigé verticalement, ou bien dans une position



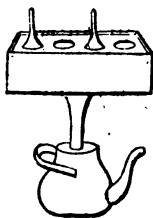
oblique, au moyen d'un coude, et l'on peut à volonté en modérer l'action en rapprochant ou éloignant le fourneau placé au-dessous, ou en augmentant la longueur du tuyau. Ce courant d'air pourra servir avec avantage pour faire des dissolutions et des distillations à une douce température, pour chauffer des flacons, des matras, etc., et pour sécher des appareils électriques. Il est facile aussi de ralentir l'action du feu en fermant les trous du cendrier, ou de l'accroître en ajoutant du combustible sans déranger la partie supérieure de l'appareil.

247. L'on substitue quelquefois une lampe d'Argand au feu de charbon de bois, et l'on obtient une chaleur assez considérable en plaçant une plaque de métal, telle qu'une feuille de cuivre d'un pied carré, à un pouce environ au-dessus de la cheminée de la lampe. Cette plaque brise le courant d'air chaud et de vapeurs qui sort de la cheminée, elle s'échauffe promptement, et devient alors très-utile pour faire sécher des filtres ou pour chauffer un appareil électrique; l'on conçoit, sans qu'il soit besoin de le dire, que toutes les sources de chaleur que l'on emploiera ne doivent donner ni fumée ni vapeurs.

248. La vapeur est, dans bien des circonstances, un excellent véhicule pour la chaleur, tant que l'on n'a pas besoin d'une température supérieure à 100°. Si l'on a à sa portée une chaudière à vapeur, il suffira d'y appliquer un tube à robinet, et de conduire cette vapeur dans un vaisseau fermé contenant les substances que l'on veut chauffer. Ce vaisseau pourra être un poëlon ou une boîte en cuivre ou en fer-blanc, munie d'un couvercle percé d'un certain nombre de trous, pour laisser passer le col des flacons et des bouteilles qu'il doit contenir.

249. Si l'on avait absolument besoin de vapeur d'eau et qu'on n'eût pas de chaudière à sa disposition, on pourrait y suppléer par une bouilloire à thé contenant environ une pinte d'eau, à laquelle on peut, lorsqu'on n'a pas besoin d'une pression supérieure à celle de l'atmosphère, adapter des tubes faits avec du papier à cartouche huilé roulé deux ou trois fois sur lui-même, auxquels on donne un pouce de diamètre, et qu'on lie avec du fil ou de la ficelle. Il faut avoir soin de leur donner une légère inclinaison pour éviter que l'eau ne puisse y séjourner. Il convient de plus de les entourer d'un second tube de papier fort, ayant à peu près un demi-pouce de diamètre de plus, et leur servant pour ainsi dire d'enveloppes, afin de s'opposer à la perte de la chaleur et à la condensation de la vapeur dans le tuyau intérieur.

250. Le docteur Ure a imaginé un appareil à vapeur fort commode. Il consiste en une boîte de fer-blanc d'environ 18 pouces de longueur sur 12 de large et 6 de profondeur; dans la partie inférieure se trouve une ouverture légèrement conique, de 5 pouces de diamètre, à laquelle est soudé un tube de fer-blanc, de 3 à 4 pouces de long. Ce tube est disposé de manière à s'ajuster hermétiquement dans l'ouverture supérieure d'une bouilloire à thé.



Le couvercle de la boîte doit être percé de plusieurs trous circulaires de divers diamètres, dans lesquels on place les capsules d'évaporation, en platine, en verre, en porcelaine, etc. Lorsque l'on chauffe l'eau de la bouilloire, après avoir fermé l'ouverture du bec, la vapeur se répand dans la boîte supérieure, chauffe les capsules, et retombe dans la bouilloire après la condensation, pour s'élever de nouveau. Lorsque quelques-

uns des orifices ne servent pas, on les ferme avec des couvercles de fer-blanc. Si l'on a à sécher un filtre contenant un précipité, on le place dans un entonnoir de verre dont l'extrémité est bouchée, et l'entonnoir lui-même est introduit dans une des ouvertures; pour faire sécher des pétales de violette ou autres substances végétales, on emploie une capsule carrée en fer-blanc très-peu profonde, qui s'adapte exactement sur le dessus de la boîte, dont on laisse alors les orifices ouverts.

251. L'on peut quelquefois remplacer avec avantage le bain-marie par un bain de vapeurs. S'il s'agit, par exemple, de faire évaporer une dissolution à une température qui n'excède pas 100°, l'on prend deux capsules



d'un diamètre peu différent, l'on place la plus grande au-dessus de la plus petite, et dans cette dernière on met une certaine quantité d'eau, on y applique ensuite la chaleur d'une lampe ou d'un bain de sable. L'eau entre en ébullition, chauffe la partie inférieure de la capsule qui se trouve placée au-dessus, communique sa chaleur au liquide qu'elle renferme, et l'excédant de vapeur qui n'est pas condensé se dégage à l'extérieur par les ouvertures qui existent entre les deux vases (*voyez la fig. en marge*).

252. Il est souvent avantageux de réunir en un seul appareil le bain de vapeur et le bain d'eau. La figure en



marge donnera une idée assez exacte de cet appareil sans qu'il soit nécessaire de le décrire avec beaucoup de détails: il consiste en un poëlon contenant une petite quantité d'eau; il est fermé par une plaque percée pour recevoir le col des

matras; l'on voit que cette disposition est particulièrement convenable dans les cas où une plus grande quantité d'eau ferait surnager les vases, et les exposerait à être ballotés par l'effet de l'ébullition du liquide; c'est pourquoi l'on s'en sert souvent pour les distillations qui doivent être opérées à une température qui n'excède pas 100°.

253. Dans des expériences délicates sur la force élastique des vapeurs, de même que pour déterminer les différentes températures auxquelles certains liquides passent à l'état de fluides élastiques, il est souvent utile, pour pouvoir observer l'appareil immergé dans l'eau, d'employer des vaisseaux de verre; mais comme on ne peut pas y appliquer directement le feu, et qu'ils ont cependant besoin d'être maintenus pendant quelque temps à une certaine température, il convient de faire arriver la vapeur dans le bain même, au moyen d'un tube qui descend au fond du liquide. Il est nécessaire alors d'employer une chaudière fermée, à cause de la pression à laquelle la vapeur est soumise. De petites chaudières à expériences, de quatre à cinq pouces de diamètre, sont suffisantes pour cet usage, et peuvent être facilement placées sur une lampe. Le tube que l'on emploie ne doit plus être en papier, mais bien en métal ou en verre. L'on doit aussi, pour s'opposer autant que possible à l'évaporation, couvrir la surface du bain d'une légère couche d'huile; il faut même entourer le vase avec du linge ou du papier toutes les fois qu'il n'est plus nécessaire d'observer les objets placés dans son intérieur. L'on s'oppose ainsi à la perte de chaleur. Dans de semblables expériences l'on doit toujours avoir deux ou trois thermomètres dans le bain, afin de prendre la température d'un grand nombre de points,

et de reconnaître les différences qui peuvent exister, ce qui ne manque jamais d'avoir lieu lorsque les surfaces en contact avec l'air sont si grandes, les causes de refroidissement si puissantes, et que la source de la chaleur se trouve pour ainsi dire appliquée en un seul point.

### *Du thermomètre.*

254. Le thermomètre étant un instrument que l'on emploie constamment pour évaluer les degrés de la température dans de certaines limites, il est indispensable de faire connaître ici les erreurs auxquelles il peut donner lieu, les moyens de les corriger, et les causes générales qui peuvent influencer sur ses indications. Nous ne décrivons point la manière de construire cet instrument; car, en raison des applications nombreuses que l'on en fait journellement, il en existe une quantité si considérable dans le commerce, qu'il serait difficile d'imaginer un endroit où l'on pût s'occuper de chimie, et où l'on ne pût se procurer un thermomètre. D'une autre part, la construction du thermomètre, quoique très-facile à comprendre et même à décrire, est pourtant très-difficile à exécuter, et l'on ne peut en faire même un médiocre, sans avoir une grande habitude et une certaine dextérité; ainsi une simple description, quelque détaillée qu'elle fût, serait toujours insuffisante pour celui qui ne saurait pas déjà souffler et manier le verre. Nous nous contenterons donc seulement d'indiquer les moyens de vérifier ceux que l'on trouve à acheter, ce qui sera d'autant plus nécessaire, qu'ils sont presque toujours inexacts, et pourraient quelquefois donner lieu à des erreurs



très-graves, bien qu'on puisse cependant s'en servir pour les usages vulgaires.

255. Le thermomètre le plus en usage est le thermomètre à mercure, bouché hermétiquement à son extrémité supérieure. Il doit être parfaitement purgé d'air; pour s'en assurer on le renverse de manière à placer la boule en haut; on lui imprime alors brusquement deux ou trois secousses, à l'effet de faire descendre le mercure dans le tube. Si l'espace occupé dans le tube par le mercure est primitivement fort petit, l'effet sera peut-être difficile à produire, et l'on y parviendra plus facilement en dilatant un peu le mercure par l'action de la chaleur, de manière à lui faire occuper un plus grand espace dans le tube. Dans ce cas, la secousse imprimée à l'instrument devra faire descendre le mercure jusqu'à l'extrémité effilée du thermomètre; mais à mesure que le mercure descendra ainsi dans le tube, il laissera dans la boule un espace vide correspondant, ou peut-être il se divisera dans le tube même, et une portion seulement du métal descendra vers l'extrémité. Dans l'un ou l'autre cas, l'on en pourra toujours conclure que la partie supérieure du tube était sensiblement privée d'air, puisque le mercure a pu parcourir librement toute la longueur du tube, et parvenir, ou à peu près, jusqu'à son extrémité inférieure. Au contraire, si le mercure ne changeait pas de place, ou s'il ne s'abaissait que d'une petite quantité malgré toutes les tentatives, l'on devrait en conclure que le thermomètre n'est pas entièrement privé d'air. La présence de l'air dans cet instrument occasionne dans ses indications des anomalies qu'on ne peut déterminer avec précision qu'en le comparant avec un thermomètre reconnu exact.

256. Lorsqu'on s'est assuré que le thermomètre est purgé d'air, il faut vérifier alors l'exactitude de la graduation. Les thermomètres sont, en général, gradués en marquant sur la tige deux points principaux correspondans, l'un à la fusion de la glace, l'autre à l'ébullition de l'eau pure à la pression ordinaire. L'on divise ensuite l'espace compris entre ces deux points en un certain nombre de parties égales que l'on appelle degrés. Ces degrés sont au nombre de 180 dans l'échelle de Fahrenheit, et de 100 seulement pour le thermomètre centigrade; l'on continue ensuite la graduation en portant au-dessus et au-dessous de ces points extrêmes des divisions égales en longueur aux degrés précédemment déterminés. Pour vérifier le point de 32° de Fahrenheit (0, de centigrade), l'on prend une certaine quantité de glace pilée ou de neige que l'on mêle avec une suffisante quantité d'eau pour en faire une pâte claire, dans laquelle on introduit la boule du thermomètre; on l'agite pendant quelque temps, jusqu'à ce qu'on aperçoive que le mercure est parfaitement stationnaire; et si le point auquel il s'arrête est précisément celui marqué 32, on peut le regarder comme exactement déterminé. Pour vérifier ensuite le point marqué 212° (100° cent.), l'on met de l'eau dans un vase métallique; on la porte à l'ébullition, et, lorsque la vapeur se produit en abondance, on plonge la boule du thermomètre dans la vapeur, à peu de distance de la surface du liquide, ou dans le liquide lui-même, mais à une très-petite profondeur. Quand le mercure, après s'être successivement élevé, indiquera le maximum de chaleur, il devra, pour être exact, se trouver précisément au point marqué 212°. Il est nécessaire, dans cette expérience, que le vase que l'on

emploi soit couvert, mais pas cependant assez hermétiquement, pour que la vapeur ne puisse s'échapper librement; car alors, elle atteindrait un degré de chaleur supérieur à celui qu'elle doit indiquer. Enfin, pour vérifier si les degrés sont égaux dans toute l'étendue de l'échelle, l'on séparera une petite portion de la colonne de mercure qui se trouve dans le tube, en renversant l'instrument et lui imprimant une secousse brusque, comme nous l'avons dit tout à l'heure. L'on promènera ensuite cette petite colonne de métal dans toute l'étendue du tube; ce qui se fait en inclinant légèrement celui-ci, et en aidant au mouvement de la colonne de mercure par quelques légères secousses; si, dans toutes ses positions, le métal occupe toujours le même nombre de degrés, la graduation est exacte, mais s'il en est autrement, les degrés n'ont pas tous la même étendue, et le thermomètre manque de précision.

257. Il est souvent très-difficile, quelquefois même impossible, de séparer ainsi à volonté une portion de la colonne de mercure : le moyen qui reste alors est de le comparer dans sa marche avec un instrument sur l'exactitude duquel on puisse compter, et qui aurait été vérifié lui-même par la méthode que nous venons d'indiquer, ou qui aurait été divisé préalablement en parties égales au moyen d'une bulle de mercure introduite dans son intérieur, et portée successivement dans toute son étendue. Si, en comparant les deux instrumens, on observe une correspondance parfaite entre un certain nombre de degrés, et que d'ailleurs les divisions soient égales entre elles, on peut considérer celui que l'on essaie comme exact.

258. Pour reconnaître si les divisions de l'échelle

sont égales, on l'applique contre une seconde échelle; par exemple, une règle divisée en pouces. On commence par observer combien il faut de degrés de l'échelle thermométrique pour faire une des divisions de la règle; et en faisant glisser le thermomètre dans toute sa longueur, on s'assure que le même nombre de degrés correspond toujours à la même division de la règle. Il est évident qu'il ne suffit pas pour avoir un bon thermomètre que les points de  $32^{\circ}$  et  $212^{\circ}$  soient exactement pris, et que les degrés soient précisément égaux en longueur; car l'on conçoit que si le diamètre du tube est inégal, il arriverait nécessairement qu'une graduation très-exacte donnerait des degrés inégaux sur l'échelle.

259. Si les points de  $32^{\circ}$  et  $212^{\circ}$  n'étaient point compris dans l'échelle de l'instrument que l'on veut vérifier, il faudrait alors le comparer avec un thermomètre étalon; et lorsqu'on a vérifié trois ou quatre degrés, s'assurer ensuite de l'exactitude de la division en la manière indiquée ci-dessus (258).

260. Si c'est un thermomètre à esprit de vin que l'on veut vérifier, il n'est plus possible de séparer un petit cylindre de fluide pour s'assurer de l'égalité des divisions. Il n'est pas possible non plus de déterminer exactement le point de  $212^{\circ}$ . Il faut alors reconnaître avec soin celui de  $32^{\circ}$ , et trois ou quatre autres de la manière indiquée, 257 et 258.

261. Lorsque l'échelle dépasse  $212^{\circ}$ , et qu'elle descend au-dessous de  $32^{\circ}$ , on vérifie les degrés supérieurs ou inférieurs, seulement en constatant leur égalité de volume avec les autres (256).

262. Dans toutes les expériences qui ont pour but de comparer entre eux des thermomètres, il faut avoir

grand soin de leur laisser le temps de prendre la température du bain dans lequel ils sont plongés; et si l'on n'a la précaution de les changer de place fréquemment, et de les promener dans le liquide, on s'expose à trouver des différences considérables. Le temps nécessaire pour que des thermomètres prennent la température du milieu dans lequel ils se trouvent plongés, dépend de la grosseur de la boule, de l'épaisseur du verre, et du liquide qu'ils renferment; si l'on compare à la hâte deux instrumens de ce genre, il peut arriver que non-seulement ils ne soient pas tous les deux à la même température, mais encore que ni l'un ni l'autre n'ait la température du bain. L'on s'exposerait ainsi à rejeter comme mauvais d'excellens instrumens.

263. C'est encore pour cette raison que lorsque l'on compare deux thermomètres en les mettant dans un liquide échauffé, et observant s'ils descendent en même temps à mesure que la température baisse, on s'expose à être induit en erreur, si les thermomètres sont d'un volume très-différent, si le bain est petit, et si le temps mis à parcourir un certain nombre de degrés est peu considérable. L'on trouverait quelquefois de cette manière des différences qui réellement n'existent pas. Il est facile d'apprécier l'étendue de cette cause d'erreur en prenant deux thermomètres qui aient une marche absolument semblable, plaçant la boule de l'un dans un tube mince contenant une petite quantité de mercure, les plongeant ensuite tous les deux dans l'eau chaude, mais de telle manière que l'un reçoive directement l'impression de la chaleur, et que l'autre ne la reçoive que par l'intermédiaire du mercure; l'on pourra juger de la grande différence qu'ils présenteront dans leurs

indications, soit que la température s'élève ou qu'elle s'abaisse, différence qui est due uniquement à la quantité de mercure ajoutée, et à l'épaisseur du tube qui le renferme, et qui est bien propre à faire concevoir l'influence que ces deux causes peuvent avoir dans les observations thermométriques.

264. Il existe encore quelques autres causes qui peuvent influer sur la permanence des indications d'un thermomètre; mais ces causes sont très-déliçates à apprécier, et dans le plus grand nombre de circonstances ne méritent pas qu'on y ait égard. L'on a prétendu que la pression constante de l'atmosphère sur la boule du thermomètre en diminuait le volume, et élevait par conséquent le mercure à un degré supérieur de l'échelle; on a prétendu également qu'un thermomètre, après avoir été considérablement échauffé ou refroidi, ne donnait plus immédiatement après la même indication lorsqu'il revenait à sa température primitive, que dans le premier cas il restait plus bas, et plus haut dans le second, à cause de la lenteur avec laquelle le verre revient à son volume primitif; mais ces considérations ne sont pas de nature à occuper ceux qui commencent l'étude de la science, ils doivent se contenter de savoir vérifier si l'instrument dont ils se servent est exact. Toutefois, s'il arrivait que de pareils changemens pussent être constatés, il ne faudrait pas omettre de le faire, parce qu'ils pourraient servir à faire connaître et à expliquer la cause de ces phénomènes.

265. Il ne sera pas nécessaire de décrire ici tous les thermomètres qui ont été imaginés, et les divers usages auxquels on les applique. L'alcool et le mercure sont les deux seuls liquides employés aujourd'hui. L'on ne

doit jamais se servir du thermomètre à l'alcool pour évaluer des températures de 80° et au-dessus, car, non-seulement ils donneraient des indications fausses, mais encore pourraient éclater par l'effet de la vaporisation du liquide; il est employé avec beaucoup de succès pour évaluer les températures très-basses, par la raison qu'il n'a pas été congelé jusqu'ici. Le thermomètre au mercure peut servir, au contraire, pour indiquer les températures de 30 à 36° au-dessous de 0°, jusqu'à 330° au-dessus. Mais les indications fournies à ces températures extrêmes méritent en général peu de confiance.

266. Un bon thermomètre à mercure, hermétiquement bouché, ne peut pas indiquer une température au-dessus de 300°, car alors il entrerait en ébullition; mais lorsqu'il est ouvert par le haut, et soumis par conséquent à la pression atmosphérique, il peut s'élever jusqu'à 350°. Pour les expériences délicates il est convenable d'avoir un thermomètre d'un petit volume; non-seulement le tube doit être extrêmement étroit, ce qui fournit des degrés plus grands, et par conséquent plus facilement appréciables, mais la boule doit elle-même être fort petite. Lorsqu'un thermomètre indique la température d'un corps, il se met nécessairement en équilibre avec lui, c'est-à-dire qu'il lui en fournit ou lui en enlève suivant qu'il est plus ou moins chaud. Le corps change donc de température par le contact de l'instrument, et si sa masse est petite relativement à celle du thermomètre, la température observée sera évidemment très-différente de la température réelle avant l'expérience. L'on évite ou plutôt l'on diminue cette source d'erreur en prenant une boule de thermomètre aussi petite que possible. En outre,

comme il faut un temps plus considérable à un thermomètre de grande dimension pour s'échauffer ou pour se refroidir, le temps nécessaire pour qu'il prenne la température du milieu ambiant peut apporter un changement dans celle du corps, objet de l'expérience. C'est par conséquent un motif de plus pour préférer encore les thermomètres à petites boules. L'on trouve un grand avantage à se servir de tubes à calibre plat, car, par cette disposition, le mercure se trouve répandu sur une plus grande surface sans augmenter de volume, ce qui rend les degrés beaucoup plus sensibles.

267. Lorsque la boule du thermomètre est d'un volume considérable ou que le verre en est mince, et que la colonne de mercure dans le tube est d'une certaine longueur, la position dans laquelle on tient l'instrument peut avoir de l'influence sur ses indications : supposons, par exemple, qu'un thermomètre ayant une colonne de quinze pouces (anglais) de mercure dans le tube, soit placé dans une position verticale, la boule en bas, et qu'on le retourne ensuite de manière à la porter en haut, si le mercure ne gagne pas l'extrémité du tube, ce simple changement de position suffira pour faire varier d'une atmosphère entière la pression qui était exercée sur la surface extérieure de la boule. En effet, dans la première position de l'instrument le mercure exerçait dans l'intérieur de la boule une pression égale à une demi-atmosphère, pression qui s'exerce en sens inverse dans la seconde position, et qui produit par conséquent la différence d'une atmosphère entière. L'on conçoit que, sans être toujours aussi considérable, cette différence de pression peut être souvent assez forte pour affecter le volume de la boule. Il est donc convenable d'essayer l'instrument dans différentes positions



afin de pouvoir évaluer les différences qui pourraient être dues à cette cause.

268. Il est encore d'autres sources d'erreurs qui peuvent dépendre de la longueur du tube du thermomètre, et qui tiennent à ce que dans les observations l'on n'expose pas toujours à l'action de la chaleur la même quantité de mercure qui a servi de base à la graduation. Si un thermomètre dont le tube est de trois à quatre pieds a été gradué en plongeant la boule et deux ou trois pouces de la tige seulement dans la glace fondante et dans l'eau bouillante, et qu'on s'en serve ensuite dans des situations où la plus grande partie de la tige soit exposée à l'action de la chaleur, il pourra fournir des indications qui présenteront quelquefois deux ou trois degrés d'erreur. Il y avait, il y a quelques années, dans la brasserie de M. Whitbread, un thermomètre qui servait à indiquer la température d'une chaudière d'évaporation très-profonde; l'extrémité supérieure s'élevait au-dessus de la chaudière, et le liquide bouillant dans lequel plongeait la boule était à une profondeur de plus de trois pieds. Cet instrument, ainsi placé, indiquait dans le moût de bière bouillant une température supérieure de plusieurs degrés à celle du même moût puisé dans la chaudière et placé dans un poëlon : cette différence était produite par la seule dilatation qu'éprouvait le mercure du tube plongé dans la vapeur de la chaudière, la graduation ayant été établie en opérant uniquement sur le mercure de la boule.

269. Il est quelques thermomètres qui portent à leur partie supérieure un renflement en forme de boule, qui est destiné à recevoir et condenser les vapeurs : lorsqu'il arrive que le liquide qu'il renferme est porté à

l'ébullition; cette précaution est avantageuse; mais malheureusement ces thermomètres ne peuvent jamais être entièrement purgés d'air.

270. L'on doit éviter pour les thermomètres les variations subites de température; sans cette précaution, le verre est très-sujet à se fendre à l'endroit où la boule se trouve soudée avec l'échelle.

271. La graduation de ces instrumens est placée tantôt sur la tube, tantôt sur une échelle séparée. Les observations se font en portant l'œil à la hauteur du mercure, et regardant dans la direction perpendiculaire au cylindre de manière à ce qu'on puisse voir en même temps le mercure qui se trouve dans la tige, et les degrés correspondans sur l'échelle. Si l'on regardait dans une direction oblique, en se plaçant soit au-dessus soit au-dessous du mercure, on serait exposé à ne pas prendre la véritable degré.

Quoique nous soyons entrés dans des détails fort minutieux sur la graduation des thermomètres, nous n'avons considéré que le mode généralement suivi, qui consiste à déterminer les points de congélation et d'ébullition de l'eau, et à diviser l'intervalle en un certain nombre de parties égales que l'on appelle degrés. Nous n'examinerons point ici si cette manière de procéder est la plus philosophique, qu'on puisse employer; toutes les divisions sont nécessairement arbitraires, et celle-ci a sur les autres l'avantage de fournir toujours des instrumens exactement comparables.

272. Bien que l'air ne soit pas la substance la plus généralement employée dans la construction des thermomètres, il est cependant quelques séries d'expériences dans lesquelles on a besoin d'avoir recours à des instrumens de ce genre. En consultant les travaux de M. Lesliq,

et de MM. Petit et Dulong, l'on verra tout le parti que l'on peut en tirer. Le thermomètre à air le plus simple que l'on puisse construire consiste en une boule de verre mince, communiquant à un tube d'un petit diamètre. L'on introduit dans le tube une petite bulle de mercure qui sert d'index, et à mesure que l'air contenu dans la boule se dilate ou se contracte, la bulle de mercure se meut dans un sens ou dans un autre, et indique ainsi la variation de la température (*voyez la figure*).

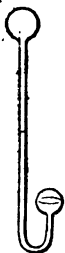
273. La dilatation considérable qu'éprouvent les gaz par l'accroissement de température rend ces instrumens d'une très-grande sensibilité; mais ils sont exposés à l'action de tant de causes diverses, qu'ils ne peuvent pas remplacer avantageusement les thermomètres à l'alcool ou au mercure. L'une des premières et des plus influentes est la pression atmosphérique, dont les moindres variations peuvent déranger la bulle de mercure indépendamment de l'action de la chaleur. Par le même motif, la différence de position de l'instrument aura aussi une grande influence sur ses indications, suivant que la pression de la petite colonne de mercure devra s'ajouter à la pression atmosphérique ou en être retranchée. Il faut encore remarquer que, lorsque le tube est d'un diamètre un peu considérable, l'air peut passer entre le mercure et les parois intérieures, et que lorsqu'il est trop étroit, au contraire, l'adhérence du métal contre le verre l'empêche de céder facilement à la pression de l'air.

274. Les fluides autres que le mercure employés à cet usage donnent lieu à des erreurs encore plus nombreuses. Si l'on emploie, par exemple, de l'eau ou tout autre liquide volatil, une portion de vapeur se répand

dans le réservoir, et la dilatation qu'elle éprouve s'ajoute à celle de l'air. Si l'on se sert d'acide sulfurique, il attire continuellement l'humidité de l'air, et lorsqu'il est suffisamment étendu il présente le même inconvénient que l'eau. L'huile ne saurait non plus être employée, parce que, de même que les autres fluides, elle mouille le verre et y adhère assez fortement pour ne pouvoir jamais en être complètement séparée, ce qui est incompatible avec l'exactitude que l'on doit apporter dans les observations.

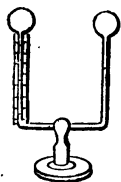
275. L'on ne peut se servir de ces instrumens sans consulter le baromètre; ils ne fournissent que des résultats comparatifs, à moins cependant que leur graduation n'ait été réglée sur celle d'un thermomètre à mercure; dans ce cas ils peuvent, relativement à la grande étendue de leurs degrés, servir à indiquer des différences minimales de température. Il faut avoir soin, lorsqu'on se sert de l'instrument, de lui donner constamment le même degré d'inclinaison, et il faut autant que possible le placer dans une position horizontale, parce qu'alors le volume de l'air n'est plus affecté par la pression du mercure.

276. On a varié beaucoup les formes du thermomètre à air. On le dispose quelquefois de manière que la boule soit en haut, et que l'extrémité inférieure plonge dans le fluide; celui-ci, en s'élevant ou en s'abaissant dans le tube, indique par sa position le changement de volume de l'air. Cette disposition évite quelques-uns des inconvéniens que nous avons signalés, mais elle donne naissance à plusieurs autres. Quelquefois l'extrémité du tube, au lieu de plonger dans un liquide, est recourbée et terminée par une boule qui



communiqué avec l'air extérieur; dans cette boule se trouve une certaine quantité de liquide dont les mouvemens dans le tube vertical indiquent les différences de température. Les échelles attachées à ces instrumens sont ordinairement temporaires et tout-à-fait arbitraires. Leurs indications n'étant pas constantes dans toutes les circonstances, l'on ne peut leur appliquer les échelles permanentes des autres thermomètres (*voyez la figure*).

277. L'instrument de M. Leslie, qu'il a nommé thermomètre différentiel, diffère de celui que nous venons de faire connaître. Cet instrument est composé de deux boules de verre portées chacune à l'extrémité d'un tube vertical, lesquels tubes communi-



quent entre eux par une branche horizontale, comme il est indiqué dans la

figure. L'appareil est exactement clos, et soustrait à l'influence de la pression atmosphérique. Le fluide qui sert d'index est de l'acide sulfurique coloré par un peu de carmin; il ne dégage pas de vapeurs, et doit être en quantité suffisante pour remplir entièrement la branche horizontale et l'une des branches verticales. Pour se servir de cet instrument l'on observe d'abord le liquide lorsque les deux boules sont à la même température, puis l'on soumet l'une d'elles seulement à l'action d'une température différente: le mouvement du fluide dans le tube indique alors les variations de la température. L'échelle est ordinairement arbitraire, mais peut être toujours rapportée par une expérience subséquente à celle d'un bon thermomètre.

278. Nous ne possédons pas d'instrumens propres à mesurer exactement les degrés de température supérieurs à ceux que peut indiquer le thermomètre à mer-

cure, et il est à croire qu'un instrument de cette espèce manquera long-temps encore aux observateurs. Il faut donc s'habituer à bien observer les apparences diverses que présente une substance à mesure qu'elle passe de la température rouge obscur à la plus haute qu'on puisse lui faire subir, afin de se former une idée nette des variations de couleur, et de l'intensité de la lumière émise successivement. L'on peut ainsi choisir trois ou quatre périodes remarquables qui servent dans la suite de points de comparaison, et pour ainsi dire de degrés. Les expressions de rouge obscur, rouge, rouge-cerise, jaune, blanc, blanc bleuâtre, etc., ne seront donc pas, pour le chimiste, des expressions dont le sens est tout-à-fait indéterminé; il devra au contraire en avoir une idée assez claire, assez précise, pour pouvoir dire sans hésiter, si une substance se trouve au-dessus ou au-dessous de ces indications.

279. L'instrument appelé pyromètre de Wedgewood excita beaucoup l'attention, pendant un temps, par la facilité de son application et l'exactitude apparente de ses résultats. Il se composait de morceaux d'argile, qui, selon qu'ils étaient plus ou moins chauffés, se contractaient plus ou moins: la contraction mesurée était considérée comme proportionnelle à la température à laquelle on les avait soumis; et comme pouvant par conséquent lui servir de mesure. Mais sir James Hall a montré que ces indications étaient trompeuses, en ce qu'une contraction semblable était également produite par une chaleur faible et lente, ou par une chaleur plus élevée et moins long-temps soutenue; en supposant encore que l'on pût éviter cet inconvénient en tenant compte du temps, l'instrument ne serait pas moins inapplicable, parce que l'on a remarqué que les con-

tractions de ces morceaux d'argile variaient suivant les localités d'où on la retirait.

280. Le pyromètre de Daniell est sans contredit le meilleur instrument qu'on ait fait dans ce genre, et, sous ce rapport, il mérite de fixer notre attention. Ses indications sont fournies par la différence de dilatation entre une barre de platine et un tube de plombagine qui lui sert d'étui. Pour apprécier ces différences, l'extrémité de la barre métallique est mise en communication avec une aiguille, qui indique les degrés sur un cadran circulaire. Ces degrés, quoique arbitraires, ont dans chaque instrument un rapport déterminé avec ceux du thermomètre à mercure, et peuvent être exprimés immédiatement en degrés de Fahrenheit. Par le refroidissement, l'instrument revient à sa position première, et lorsqu'on l'expose de nouveau à la même température, celle de la fusion de l'argent, par exemple, il indique constamment le même degré. Il doit donc être préféré à tous ceux qu'on a construits jusqu'à présent pour le même objet. L'inconvénient qu'il présente est la nécessité de l'exposer à un foyer assez considérable pour présenter une chaleur égale sur tous les points de l'instrument. Il doit de plus être garanti du contact du combustible et des substances métalliques. L'on ne peut par conséquent le plonger dans un creuset pour prendre la température de ce qu'il contient, et il n'est pas même toujours possible de le plonger au milieu d'un foyer pour en apprécier les températures successives; mais dans toutes les circonstances qui en permettent l'application, et qui se présentent fréquemment dans les verreries, les fabriques de poterie, etc., il est préférable à tous ceux que l'on pourrait employer.

## SECTION V.

## DIVISION DES CORPS.

*Mortiers, trituration, granulation, précipitation.*

281. Il est souvent nécessaire de diviser un corps pour favoriser l'action chimique; divers procédés ont été imaginés pour y parvenir. Ils varient suivant la nature de la substance, quelquefois aussi suivant l'état de division dans lequel on veut l'obtenir. Ces procédés peuvent être mécaniques ou chimiques; car la fusion et la dissolution sont employées plus généralement comme moyens de division que dans tout autre but. Nous éviterons de parler dans ce chapitre de ce qui a rapport à ce dernier mode de division, nous en traiterons en détail dans d'autres sections. Nous nous occuperons seulement des procédés qui, tout en divisant la substance, n'en changent point l'état physique, et par conséquent ne s'appliquent qu'aux corps solides qui, quelque divisés qu'on les suppose, n'en conservent pas moins leur état solide. Cette division mécanique ne peut jamais mettre les molécules d'un corps solide dans un état de disgrégation semblable à celui que produirait la fusion ou la dissolution.

282. De tous les moyens employés dans un laboratoire, le plus usité est la pulvérisation qui s'opère au moyen d'un pilon et d'un mortier. Comme cette opéra-

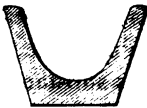


tion préliminaire est nécessaire dans presque toutes les expériences chimiques, il faut, dans un laboratoire, avoir des pilons et des mortiers de différentes grandeurs et de différentes matières.

283. Il convient donc d'abord d'avoir un gros mortier de fer pourvu de son pilon, d'une forme et d'un poids proportionnés à son usage. Ce mortier pourra être placé dans un des angles du laboratoire sur un billot de bois. Il servira plus particulièrement à concasser des substances d'un gros volume, ou à pulvériser des minéraux, des métaux, etc. Il faut avoir également deux ou trois mortiers portatifs, non métalliques, pouvant contenir d'une à trois pintes, et un d'une capacité beaucoup plus petite pour les substances précieuses. Il en est quelques-uns qui doivent posséder un grand nombre de qualités que l'on trouve rarement réunies. Il faut qu'ils soient assez durs pour ne point s'user par le frottement ou la trituration des corps les plus durs, être d'un grain serré, uniforme, non friable, incapables d'absorber les liquides, et pouvant résister à l'action des acides, des alkalis ou autres réactifs.

284. La difficulté de trouver ces propriétés réunies a nécessité l'emploi d'une grande variété de mortiers. Ceux de Wedgewood ont présenté d'abord la plus grande partie des qualités nécessaires : on s'en procurait d'excellens qui portaient le nom de *mist*; mais à présent les mortiers de ce genre sont beaucoup plus imparfaits sous le rapport de la forme et de la matière. Un mortier de cette espèce devrait à peine être rayé par le quartz, et résister parfaitement à l'action de l'acier trempé, non-seulement dans les endroits qui

sont recouverts d'émail, mais même au-dessous de la couverte. Il ne doit en aucune manière se ternir ou se colorer par l'action prolongée d'une forte dissolution acide de sulfate de cuivre ou de muriate de fer; ces substances salines doivent en être promptement enlevées par la seule action de l'eau froide. Enfin, si l'on y réduit en poudre une certaine quantité de sable, une once, par exemple, l'on ne doit après l'opération observer dans le poids aucune augmentation sensible. Il faut que le fond soit d'une épaisseur suffisante pour résister aux chocs auxquels il peut être exposé, et qu'il ait dans toutes ses parties les proportions indiquées par la figure ci-jointe.



285. Les pilons doivent autant que possible être d'un seul morceau et d'une seule substance. Il arrive quelquefois qu'ils sont surmontés à la partie supérieure d'une espèce de manche en bois; cette disposition est défectueuse en ce que quelque portion de la matière, qui sert de ciment, peut se détacher et se mêler avec celle qui est dans le mortier. Le pilon doit être d'une forme telle, qu'on puisse facilement le saisir par le haut, et qu'il présente par le bas une large surface de contact avec le fond du mortier. Son diamètre inférieur doit être environ le tiers ou le quart du diamètre supérieur du mortier, et la surface courbe qui le termine doit être d'un rayon un peu plus petit que celle du mortier. Cette disposition est nécessaire afin que l'espace qui sépare les deux surfaces augmente d'une manière insensible à partir de leur point de contact. Avec un pilon et un mortier d'une forme sem-



blable à celle qui est indiquée dans la figure, on pourra, en variant les positions, mettre en contact des surfaces d'une courbure si différente, que l'espace intermédiaire ira en s'accroissant dans toutes les proportions, ce qui est d'une grande importance dans la pratique.

286. Le mortier et le pilon ne doivent pas être parfaitement polis dans leurs points de contact, sans cela les substances glisseraient entre eux, et ne pourraient être pulvérisées. Cet état s'obtient ordinairement par l'usage, mais quoique ce dépoli de la surface soit extrêmement utile, il est néanmoins une preuve que les mortiers ne sont point assez durs pour les usages auxquels on les a employés, surtout lorsqu'il s'obtient promptement. Un moyen prompt de dépolir la surface d'un mortier consiste à y broyer du sable ou de l'émeri. Indépendamment de ces mortiers on doit en avoir encore deux plus petits de même substance. Ils doivent, les uns et les autres, être pourvus de bec pour verser facilement les liquides.

287. On tire de Suède d'excellens mortiers en porphyre, qui sont extrêmement durs, et résistent parfaitement aux agens chimiques; mais ils ne sont pas en général d'une grande dimension, et ils coûtent fort cher. Leur forme est extrêmement variée, et dépend des blocs dans lesquels on les taille. Ils doivent être accompagnés d'un pilon de même substance.

288. On fait aussi avec de l'agate des pilons et des mortiers très-commodes pour pulvériser ou mélanger de petites portions de substance; ils sont en général moins profonds que les mortiers ordinaires, et cette

forme, jointe à la finesse du grain et à la dureté de l'agate, permet d'y rassembler et d'y triturer de petites portions de matière plus facilement que dans les mortiers ordinaires. Il faut cependant éviter de leur faire éprouver des chocs trop forts, car ils sont beaucoup plus fragiles que les mortiers de porphyre ou autres, parce que l'agate renferme souvent des fentes qui, sans être très-apparentes à l'œil, et nuire à la dureté du mortier, exigent néanmoins que l'on opère avec des ménagemens. On peut les dépolir comme nous l'avons dit plus haut.

289. Les mortiers de bois, de marbre ou de fer, ne sont pas propres à toute espèce d'usage, à cause de leur peu de dureté, et de l'action que produisent sur eux différentes substances. Un mortier en fer pouvant contenir d'une à deux pintes est cependant utile, soit pour pulvériser les substances qui étant sans action sur lui sont d'une trop grande dureté pour être pilées dans un mortier ordinaire, soit pour recevoir le mercure. Les mortiers de verre servent si peu dans les laboratoires, à cause de leur fragilité, et de la facilité avec laquelle ils cèdent aux dissolvans énergiques, l'alkali ou le plomb qu'ils renferment, qu'il est tout-à-fait inutile d'en avoir.

290. Relativement à la manière de se servir d'un mortier, elle varie suivant les substances. S'il s'agit d'une masse d'une dureté moyenne, comme pourraient être différentes substances salines et minérales, il suffit de la frapper de petits coups secs, et si elle offre une certaine ténacité, comme le sel ammoniac, il faut alors, en frappant sur la substance, appuyer fortement avec le pilon pour en désagréger les parties.

Dans tous les cas, si l'on craint que les fragmens ne soient projetés hors du mortier, il est bon de le couvrir avec un carton ou une planche ronde percée d'un trou dans le milieu pour donner passage au pilon. On dispose au besoin, pour le même usage, un linge au milieu duquel on pratique une ouverture.

291 et 292. Si la substance ne peut pas être facilement brisée dans le mortier sans s'exposer à l'endommager, il est convenable de la concasser sur une enclume; et si l'on avait à craindre que les fragmens ne s'écartassent au loin, il faudrait l'envelopper avec du papier.

293. Il est plusieurs substances métalliques, telles que le cuivre, la fonte, les alliages de cuivre, etc., qui se brisent beaucoup mieux lorsqu'elles ont été préalablement chauffées; il faut en conséquence les faire rougir avant de chercher à les diviser.

294. Avant de quitter ce sujet, il est convenable de faire observer que plusieurs corps peuvent être divisés à l'aide de pinces ou d'instrumens tranchans. Dans ce cas, il faut avoir égard au grain de la substance, et à la direction de ses joints. Le muriate d'ammoniac se séparera facilement dans le sens de ses fibres. C'est pour cette raison que lorsqu'on veut le pulvériser, il est mieux de le placer dans le mortier, de manière que la direction de ses fibres soit verticale plutôt qu'horizontale.

295, 296 et 297. Il est nécessaire pour plusieurs expériences d'avoir la substance que l'on veut éprouver, non pas réduite en poudre, mais concassée plus ou moins grossièrement. Il faut alors frapper perpendiculairement, et avec une certaine légèreté, sur les fragmens, en évitant surtout les mouvemens de trituration qui tendraient à donner une poudre fine.

298. Lorsqu'au contraire on a besoin d'obtenir une poudre très-fine, il est plus convenable de broyer ou de triturer, et de diriger le pilon un peu obliquement, en ayant soin de ne pas frapper précisément au centre du mortier, mais un peu sur les côtés, de manière à ce que le pilon soit ramené dans le milieu par la direction inclinée du fond du mortier.

299, 300, 301 et 302. Toutes ces différentes manières de faire seront mieux appréciées, et leur avantage mieux senti, par la plus légère pratique, que d'après les descriptions les plus minutieuses.

303. La quantité de substance sur laquelle il est nécessaire d'opérer dépend de la matière et de la finesse de la poudre que l'on veut obtenir. Lorsqu'on veut avoir une poudre très-fine, il faut n'opérer que sur de petites quantités à la fois, de manière à n'avoir qu'une couche légère au fond du mortier. Si la quantité dont on a besoin est considérable, on l'obtiendra facilement en réduisant d'abord la totalité de la substance en poudre grossière, la retirant ensuite du mortier, puis en l'y remettant par petites portions pour la convertir en poudre fine.

304—305. L'on peut juger jusqu'à un certain point de la ténuité d'une poudre aux caractères suivans. Si le corps que l'on pulvérise est coloré, sa poudre sera d'autant plus fine que la couleur sera plus affaiblie. Lorsqu'elle ne gagne plus avec la même précipitation le fond du mortier, qu'elle s'agglomère comme le ferait une poudre légèrement humectée, et qu'elle conserve facilement la forme qu'on lui donne en la remuant avec une spatule, ce sont autant d'indices d'une grande division.

306. Les commençans pourront observer tous ces

changemens en opérant sur des fragmens de verre de bouteille, ou de pierres à fusil calcinées.

307. Ces règles générales, que nous venons de donner, sont susceptibles de quelques modifications, suivant la nature particulière des substances que l'on veut pulvériser. Si l'on agit sur une substance très-délétaire et capable d'être entraînée facilement par les mouvemens de l'air, on peut l'humecter avec de l'eau, si toutefois ce liquide ne produit aucune altération sur elle; mais alors la trituration devient plus difficile, à cause de l'adhésion de la substance contre les parois du mortier. Malgré cet inconvénient, l'on n'omet jamais de prendre cette précaution pour toutes les substances que l'on broie sous des meules. L'on peut ensuite la faire sécher, si cela est nécessaire. Quelquefois aussi on recouvre le mortier avec un linge ou une planche dont l'ouverture doit être aussi petite que possible.

308. Quand la substance que l'on veut broyer est une pierre dure, il est quelquefois avantageux de la faire rougir préalablement, et de la plonger alors dans l'eau froide. La pierre à fusil et autres pierres siliceuses, le quartz, etc., acquièrent par ce procédé une très-grande fragilité et la faculté de se diviser facilement. Le charbon de bois étant beaucoup plus facile à pulvériser à chaud qu'à froid, il convient de le faire chauffer fortement et de le réduire en poudre en cet état. Le camphre, qui se broie difficilement, doit être humecté avec quelques gouttes d'alcool; il faut au contraire, lorsqu'on pile de la gomme, avoir soin qu'elle soit bien sèche. L'on parvient à réduire le zinc en poudre en le faisant fondre dans un creuset, et le projetant ainsi fondu dans un mortier préalablement chauffé, ainsi que son pilon, en triturant continuelle-

ment le métal jusqu'à ce qu'il soit entièrement refroidi.

309. Il est quelques substances qui adhèrent fortement au mortier, et qu'on ne peut, pour cette raison, piler facilement; on parvient cependant à les réduire en poudre en les mélangeant avec du sable pur ou du verre concassé; mais il faut toujours employer des corps qui soient sans action sur les agens avec lesquels la substance elle-même doit être mise en contact.

310. L'on se sert, pour remuer les poudres, et les transporter d'un lieu à un autre, d'instrumens qu'on appelle spatules, qui peuvent être en os ou en fer. La spatule de platine, dont nous avons parlé plus haut (54), doit être préférée dans tous les cas, parce qu'elle est sans action sur la plupart des substances.

311. Lorsqu'il s'agit de substances communes, les cartes sont aussi très-convenables pour remplacer les spatules, et l'on doit toujours en avoir une certaine quantité dans un laboratoire.

312. Lorsque l'on veut faire l'analyse d'une substance fort dure, et que l'on est obligé de la réduire en poudre, il convient quelquefois de tenir compte de la substance fournie par le mortier lui-même: l'on en juge par l'augmentation du poids. Il est convenable, dans ce cas, de connaître précisément la composition du mortier; dans un mortier d'agate, par exemple, l'augmentation de poids se réduit à de la silice, et l'on doit ensuite la retrancher dans les produits de l'analyse.

313. On parvient à pulvériser le diamant dans un mortier d'acier, en y pratiquant une chambre cylindrique, dans laquelle on introduit un pilon de même forme et de même matière. L'on place d'abord le diamant dans la cavité, puis on y introduit le cylindre, sur lequel on frappe avec un marteau jusqu'à ce qu'on



l'ait réduit en une poudre aussi fine qu'on le désire. La première fois qu'on se sert de ce mortier, il y a toujours une petite portion de diamant qui demeure adhérente à l'acier, et qu'on ne doit pas même chercher à enlever, parce que le même effet se reproduirait dans les opérations subséquentes; seulement, il faut avoir soin de ne pas le faire servir à d'autres usages, afin d'éviter toute perte.

314. Lorsqu'on veut avoir un poids déterminé d'une poudre, on doit, non pas peser la substance avant de la réduire en poudre, mais la pulvériser avant de la peser; l'on évite ainsi les erreurs qui pourraient avoir lieu par la perte de la substance durant la pulvérisation.

315. La pulvérisation peut avoir encore d'autres effets que ceux de favoriser l'action chimique. Il est quelques substances qui, lorsqu'on les chauffe fortement, éprouvent une décrépitation qui projette au loin leurs fragmens; l'on prévient cet inconvénient en les réduisant préalablement en poudre. La décrépitation est en général occasionnée par la dilatation qu'éprouvent les parties extérieures, avant que l'intérieur n'ait subi l'action de la chaleur. Cet effet est semblable à celui que produit sur un vase de verre l'application subite du feu, et ne se manifeste plus lorsque les particules sont réduites à des dimensions extrêmement petites. Il arrive quelquefois que la décrépitation provient d'une certaine quantité d'eau interposée, et, comme dans le cas précédent, la pulvérisation, facilitant le passage de la vapeur, s'y oppose avec succès.

*Pulvérisation, lavage.*

316. On opère quelquefois la pulvérisation d'une

substance en la broyant sur un porphyre avec une molette; mais quoique ce procédé puisse être bon dans les arts, surtout lorsqu'on peut humecter les corps de manière à en faire une pâte, il est tellement inférieur au mortier pour les usages d'un laboratoire, qu'il n'est pas nécessaire d'en donner ici la description.

317. Il n'arrive que rarement, peut-être jamais, qu'on parvienne à diviser une substance en particules d'une égale grosseur, et presque toujours la différence qui existe entre elles est évidente. Quoique cela ne présente le plus ordinairement aucun inconvénient, il est souvent nécessaire de séparer les particules suivant leur grosseur. L'opération ordinaire du tamisage est si simple et si connue, qu'il est inutile de la décrire avec détail; il suffira de dire qu'il faut avoir dans un laboratoire deux ou trois tamis, que l'on nettoiera après chaque opération, soit avec une brosse, ou mieux encore en les lavant sous un filet d'eau.

318. Le tamis offre encore un excellent moyen de mélanger les poudres, lorsque les particules en sont assez fines pour passer au travers. Après avoir mêlé à la main, ou avec une spatule, les deux ou trois poudres à mélanger, on les tamise ensemble à deux ou trois reprises différentes.

319. On peut opérer la séparation de particules de différentes grosseurs au moyen de lavages: cette opération s'effectue en vertu de la propriété que possèdent les particules les plus légères, et les plus ténues de rester en suspension dans un liquide beaucoup plus longtemps que les particules grossières; mais elle ne peut s'appliquer qu'aux corps qui sont insolubles dans l'eau, ce liquide étant celui qu'on emploie le plus fréquemment à cet usage. On peut se servir pour cela

du mortier même dans lequel on a pulvérisé la substance. Supposons qu'on ait à réduire une pierre en poudre, dont toutes les particules soient d'une égale grosseur; après l'avoir pulvérisée dans un mortier, à la manière ordinaire, et quand on jugera qu'elle est déjà en partie à un assez grand degré de ténuité, on y versera de l'eau de façon à le remplir aux deux tiers, on agitera la poudre, on la laissera reposer pendant quelques minutes, pour donner aux particules les plus grosses le temps de se déposer, on décantera le liquide surnageant dans une capsule, ayant soin de ne pas verser le précipité qui est au fond du mortier. On pilera de nouveau le dépôt, on y versera de nouvelle eau, et l'on opérera comme la première fois; on continuera ainsi jusqu'à ce que toute la substance ait été convenablement pulvérisée.

320. Si la pulvérisation ne doit pas être poussée plus loin, on laissera le mélange en repos jusqu'à ce que le liquide devienne clair, et que la matière forme une couche au fond du vase. On décantera alors le liquide, et l'on fera sécher le dépôt. Si pendant la dessiccation la substance se réunissait en masse, on pourrait la diviser aisément dans le mortier.

321. Si l'on trouvait que la poudre ne fût pas assez uniforme dans sa grosseur, après une première opération, on en ferait une seconde, ce qui serait surtout nécessaire si l'on n'avait à chaque lavage laissé reposer l'eau qu'un temps très-court. Dans ce dernier cas, en remettant la matière dans le mortier, et en renouvelant les lavages, on séparera une grande partie de la portion grossière, et après l'avoir pulvérisée de nouveau, on agitera le tout ensemble, et l'on aura soin de laisser reposer la matière plus long-temps que la première fois.

322. Les particules en suspension seront d'autant plus ténues qu'on aura laissé déposer plus long-temps le liquide, ce qui fournit un moyen facile de se procurer des poudres de toutes les grosseurs désirables.

323. Il est une autre manière de faire le lavage, qui consiste à pulvériser à sec la substance dans un petit mortier; on place ensuite celui-ci au milieu d'une capsule plate, l'on verse alors un filet d'eau dans le mortier, en triturant continuellement; l'eau, après avoir rempli le mortier, tombera dans le vase inférieur, entraînant avec elle les particules les plus ténues; comme ce mouvement de l'eau est continu, l'on pourra faire passer la totalité de la substance du mortier dans le bassin. La finesse de la poudre dépendra de la profondeur du mortier, et de la vitesse imprimée à l'eau. Lorsqu'on voudra obtenir une poudre plus fine, on recommencera l'opération comme précédemment.

324. On peut opérer, par des procédés semblables, la séparation des matières insolubles d'une pesanteur spécifique différente. C'est ainsi qu'en pulvérisant et lavant un minerai contenant de l'argent à l'état métallique, on parvient à en séparer presque toutes les matières terreuses qui l'accompagnent. En traitant les minerais de platine de la même manière, on sépare l'iridium, l'osmium, et plusieurs autres substances qui font aussi partie de la mine de platine.

325. Il arrive rarement qu'on emploie pour ces lavages d'autres liquides que de l'eau; cependant dans quelques cas particuliers, lorsqu'on opère sur de petites quantités de matière, on pourrait se servir d'huile; et comme, en vertu de sa viscosité, l'huile retarde beaucoup la précipitation de la matière, l'on obtiendrait des poudres beaucoup plus fines. Pour se dé-

barrasser de l'huile, on pourra ensuite la brûler, pourvu cependant que la matière ne puisse point être altérée par l'action simultanée de l'huile et de la chaleur.

326. Pour obtenir la silice à un état de division extrême, on mêle une partie en poids de flint-glass avec deux parties de marbre blanc, l'un et l'autre bien pulvérisés : on chauffe le mélange de manière à le porter au rouge vif pendant une demi-heure ; on le broie dans un mortier, et on le chauffe de nouveau ; on le traite ensuite dans une capsule par l'acide muriatique, on évapore le tout jusqu'à siccité, enfin l'on traite par de l'eau chaude, aiguisée d'un peu d'acide muriatique. Le résidu insoluble, après avoir été lavé à grande eau pour en séparer tous les sels à base de chaux ou de plomb, ne sera que de la silice dans un état de division auquel il ne serait pas possible de l'obtenir par des moyens purement mécaniques. On ne peut pas remplacer la chaux ou le carbonate de chaux par les alkalis.

327. Tous les métaux fragiles peuvent être réduits en poudre par les procédés ordinaires. Il a déjà été parlé de la pulvérisation du zinc (308). Quelques autres métaux peuvent être obtenus à un état suffisant de division par la granulation : tels sont le zinc, le cuivre, l'étain et le plomb. A cet effet, après avoir fondu le métal dans un creuset, on le versera de trois ou quatre pieds de haut dans un seau ou une capsule pleins d'eau : en donnant le plus de profondeur possible au liquide, on évitera les petites explosions qui se produisent quelquefois. Si l'eau était très-chaude, le métal se solidifierait en feuilles, ou se boursoufflerait, et prendrait la forme de bulles creuses ; mais, lorsqu'elle est froide, il se forme en petits grains, semblables à du plomb de chasse. Ces différences tiennent aussi à la température

du métal lui-même. En le versant dans l'eau, il faut avoir soin de promener le creuset à la surface, afin que la matière en fusion ne tombe pas toujours à la même place.

328. L'extension que l'on parvient à donner à la surface de certains métaux en les laminant, ayant également pour but de favoriser l'action chimique, on doit y recourir lorsqu'on ne peut employer la pulvérisation. C'est ainsi qu'on lamine l'étain, le plomb, le zinc, le cuivre, l'or, l'argent et la platine. L'action chimique qui a lieu entre le platine et l'étain peut être facilement rendue sensible : en prenant les deux métaux, réduits préalablement en feuilles minces, on les applique l'une sur l'autre; on les roule pour en faire une espèce de boule; on la chauffe ensuite au rouge, et l'on voit alors la combinaison s'opérer avec une telle force, qu'il en résulte une combustion très-vive.

329. En réduisant, au moyen de la filière, les métaux en fils très-fins, ce qui équivaut encore à une division par l'extension qu'on donne à leur surface, on favorise encore l'action chimique. Ce procédé est particulièrement applicable au fer, qu'on ne peut réduire ni en poudre, ni en feuilles très-minces.

330. L'on se sert aussi avec avantage, dans plusieurs circonstances, de la lime pour diviser certains métaux, particulièrement le fer et le zinc.

331. Les meilleurs procédés de division pour l'argent, l'or, le platine et le plomb, sont les procédés chimiques. Pour obtenir l'argent en poudre, on plonge une lame de cuivre dans une dissolution de nitrate acide d'argent, jusqu'à ce que la moitié ou les trois quarts soient précipités : l'on fait en sorte que l'argent ne s'accumule pas sur la lame de cuivre; on l'agite pour cela de temps en temps. Le précipité devra être

lavé avec de l'eau distillée jusqu'à ce que celle-ci soit sans saveur, puis desséché. C'est par un procédé semblable qu'on retirera le cuivre d'une dissolution de sulfate de ce métal dans laquelle on plongera une lame de fer, ayant soin d'ajouter à la dissolution un peu d'acide sulfurique. On lavera d'abord le précipité avec de l'eau aiguisée par de l'acide sulfurique, puis avec de l'eau pure, et enfin on le fera sécher. L'or s'obtient en poudre très-fine en versant une dissolution de proto-sulfate de fer dans une dissolution de muriate d'or, lavant avec un peu d'acide muriatique, et enfin avec de l'eau. C'est en chauffant au rouge dans un creuset, jusqu'à ce qu'il n'en sorte plus de fumée, du muriate de platine et d'ammoniaque, qu'on se procure ce métal dans un état de division extrême, quoique les particules soient toujours adhérentes entre elles : le tout ressemble à une éponge. En portant au rouge, dans un vase fermé, du tartrate de plomb, le résidu est un mélange de charbon et de plomb dans un tel état de division, qu'en l'exposant à l'air il prend feu. C'est le pyrophore du docteur Gobel, qui paraît devoir sa propriété de s'enflammer à l'air à l'état de division extrême du métal ; l'oxygène, lorsqu'il se combine avec le plomb dans les circonstances ordinaires, en ternit simplement la surface ; mais, dans ce cas, il agit à la fois sur chacune des molécules métalliques, et cette simultanéité d'action en élève assez la température pour produire la combustion.

332. Les substances organiques, telles que le bois, la corne, etc., qui ne sont pas assez friables pour être pulvérisées peuvent, suivant qu'elles ont besoin d'être plus ou moins divisées, être ou coupées, ou incisées, ou râpées.

## SECTION VI.

*Dissolution, infusion, digestion.*

333. La dissolution a pour but d'obtenir deux résultats principaux, qui rendent son emploi très-fréquent dans les laboratoires. Le premier est de favoriser l'action chimique sur une substance, en détruisant l'obstacle qui résulte de l'attraction mutuelle des molécules. Le second objet qu'on peut se proposer, est la séparation de plusieurs substances, ce qui a lieu en faisant agir sur elles des fluides capables d'en dissoudre une ou plusieurs.

334. L'importance de cette opération exige que nous indiquions les moyens les plus faciles de l'effectuer, les vases et les dissolvans dont on doit faire choix, ainsi que les précautions à prendre pour réussir. Nous ne parlerons ici que de la dissolution des matières solides et liquides, nous réservant de traiter, dans une section séparée, de tout ce qui est relatif à la dissolution des gaz. Les procédés dans les deux cas sont si différens, qu'ils montrent eux-mêmes la nécessité de la distinction que nous établissons. Dans la présente section nous considérerons d'abord les matières inorganiques, puis les matières organiques; afin d'avoir à décrire en premier lieu les exemples et les procédés les plus simples.

335. Une première remarque à faire, c'est qu'il y a deux espèces de dissolution; l'une dans laquelle le dissolvant n'a aucune action chimique sur la substance à dissoudre; l'autre, dans laquelle au contraire le dis-



solvant exerce une réaction sur la matière à dissoudre. On a cherché à distinguer ces deux opérations par les noms de solution et de dissolution ; mais les distinctions qu'on a voulu établir à ce sujet n'étant pas fondées , on emploie aujourd'hui indifféremment l'une ou l'autre de ces expressions pour exprimer la même chose.

336. L'eau est le dissolvant dont on doit se servir d'abord , et l'on ne doit recourir aux autres que lorsque celui-là est insuffisant. Son emploi est si fréquent que, lorsqu'on fait mention simplement de la solubilité d'un corps , c'est toujours relativement à l'eau qu'il faut l'entendre. Toutes les dissolutions aqueuses de matières solides sont plus pesantes que l'eau , ce qui fournit un moyen souvent utile et toujours aisé de reconnaître si une substance est soluble ou non. On en suspend pour cela un morceau dans un verre d'eau pure en repos ; si la substance est soluble , on apercevra un courant descendant des parties qui s'en détacheront ; et, suivant que ce courant sera plus au moins rapide, plus ou moins large, on jugera que la densité de la dissolution est plus ou moins grande et que la substance elle-même est plus ou moins soluble. Si l'on n'aperçoit pas de courant , ni rien qui indique un changement de couleur dans l'eau, ou une variation dans son pouvoir réfringent, il sera très - probable que la substance est insoluble à la température à laquelle on agit.

337. On jugera encore de la solubilité d'une substance par sa saveur ; la salive agissant alors à peu près comme l'eau pure , et , généralement parlant , les substances très-sapides étant aussi les plus solubles. Cependant la sensation du goût dépend quelquefois d'une impression sur les nerfs olfactifs, en sorte que des substances odorantes peuvent souvent, lorsqu'on les

place sur la langue, paraître sapides (1). Si l'on met un morceau de camphre dans la bouche, serrant en même temps les narines avec les doigts assez fortement pour empêcher le passage de l'air, on ne lui trouve que peu ou point de saveur ; mais si l'on cesse de se boucher les narines, l'odeur agissant sur les nerfs olfactifs, on lui trouvera une saveur très-forte : on peut observer un effet semblable avec une pastille de menthe, un morceau de chocolat. Cette épreuve peut néanmoins être utile dans beaucoup de cas, parce qu'elle est facile et n'exige aucun appareil.

333. Si la substance paraît insoluble dans l'eau, il peut être utile de rechercher si elle est soluble dans l'alcool, l'éther, les huiles ou quelques autres corps. Pour s'assurer que l'un d'eux peut la dissoudre, on en prendra une petite quantité que l'on introduira, après l'avoir bien pulvérisée, dans un tube avec le liquide que l'on voudra essayer, on chauffera ; si elle disparaît, on aura acquis la preuve de sa solubilité ; mais, si nous supposons que ce soit un mélange de matières dont quelques-unes seulement soient solubles, on versera la dissolution dans une capsule en porcelaine ou en platine, on fera évaporer lentement, et l'on jugera du degré de solubilité par la quantité du résidu qu'on obtiendra. Si le dissolvant était de l'huile, on ne pourrait l'évaporer qu'autant que la substance serait fixe, et que l'huile pourrait être brûlée sans inconvénient, ainsi les substances volatiles ne peuvent être soumises à cet essai. Il est inutile d'ajouter que plusieurs de ces opérations demandent beaucoup d'adresse et d'intelli-

(1) Chevreul, *Annales du Muséum*, t. 439.

gence, et qu'il est impossible de donner des instructions pour chaque cas particulier.

339. Lorsque la solution dépend d'une action chimique, l'on peut s'en apercevoir par le changement d'aspect qu'elle subit. Les corps qui ne sont solubles dans l'eau qu'à la faveur des acides ou des alkalis, ne doivent cette solubilité qu'à l'action chimique que ces réactifs exercent sur eux, et qui en change les propriétés. Il arrive rarement que l'on se serve de ces agens avec d'autres liquides que l'eau; la connaissance de leur pouvoir dissolvant peut s'acquérir par des observations analogues à celles que nous venons de décrire.

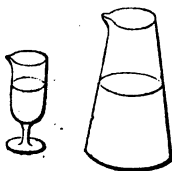
340. Il est toujours facile de s'assurer de la solubilité d'un liquide dans un autre: il suffit d'introduire dans un tube une petite quantité de chacun d'eux, agiter et laisser reposer; l'on observera ensuite s'ils demeurent mélangés, ou si les deux liquides se séparent de nouveau. Dans ce dernier cas, on ajoutera une nouvelle quantité du liquide qu'on fait agir comme dissolvant; on agitera; on continuera ainsi jusqu'à ce que le mélange paraisse bien homogène; si les liquides n'étaient pas solubles l'un dans l'autre, il serait facile de constater que le volume de chacun d'eux reste le même malgré l'agitation.

341. Nous devons signaler ici un phénomène qui se présente fréquemment lors d'une dissolution simple, et que l'on a souvent considéré comme l'indication d'une action chimique. Lorsqu'on ajoute du sel marin et quelques autres sels, ou même leur dissolution concentrée, ou bien encore de l'alcool, dans de l'eau ordinaire, ou de l'eau distillée préalablement exposée à l'air, il y a un dégagement de bulles d'air que l'on a cru

être le résultat de quelque action chimique, mais il n'est produit que par l'expulsion de l'air dissous dans l'eau qui se trouve par ces substances. On obtient un effet semblable avec quelques autres dissolutions qui contiennent de l'air.

342. Le pouvoir dissolvant dont jouit une substance à froid, est généralement augmenté, quelquefois même à un haut degré, par l'élévation de la température. On ne connaît que deux cas dans lesquels cet effet soit diminué par la chaleur : c'est relativement à la chaux et à la magnésie. Mais il n'y a, je pense, aucun exemple d'un corps insoluble à la température ordinaire, qui ait été rendu soluble par l'intervention de la chaleur seule : elle augmente, il est vrai, l'effet, mais ne le produit pas. Néanmoins cette influence de la température ne laisse pas d'être importante, parce qu'elle favorise et facilite le résultat.

343. Les vases dont on a besoin dans un laboratoire pour préparer les dissolutions sont en grand nombre. Ils doivent être susceptibles de résister à l'action de la chaleur, des acides, des alkalis, de toutes les dissolutions aqueuses : dans quelques cas on a besoin qu'ils soient transparents. Il faudra donc une douzaine ou deux de vases à pied, munis d'un bec, et d'autres vases plus grands, de la forme représentée dans la figure, et susceptibles de contenir de une à trois pintes.



344. On aura également des capsules en porcelaine à bec, depuis un pouce et demi jusqu'à dix pouces de diamètre. Il faudra les choisir minces plutôt que fortes et épaisses, quoiqu'on en ait besoin aussi de quelques-

unés de ce genre ; mais celles qu'on destine à aller au feu sont d'autant meilleures qu'elles sont plus minces.

345. On doit également avoir un ou deux poêlons en argent et quelques capsules en platine. Les poêlons en argent doivent avoir au moins six pouces de diamètre, et les capsules en platine de un pouce et demi à deux pouces. L'on peut faire des capsules aussi avec les fonds de cornue, de ballon et autres vases de verre. Elles vont très-bien au feu ; mais en général celles qu'on achète résistent si peu à la chaleur, qu'on doit éviter de s'en servir pour préparer les dissolutions.

346. Les ballons sont très-utiles ; on peut en avoir en cristal, contenant depuis une once jusqu'à deux pintes ; le col doit s'évaser à l'ouverture, et être renforcé par un anneau, afin qu'on puisse le tenir sans qu'il glisse dans la main. On doit faire en sorte que leur épaisseur soit partout la même : trop épais, ils seraient sujets à se rompre lorsqu'on les exposerait au feu ; trop minces, ils pourraient céder sous le poids du liquide dont on les remplit. On doit surtout faire attention à leur fond, et s'assurer qu'il est égal partout.

347, 348. Dans le cours des opérations, outre les vases déjà décrits ; on a souvent besoin d'agitateur : on doit les faire avec des baguettes de verre plein, et non pas avec des tubes ; on les choisit d'un diamètre d'un quart à un tiers de pouce, sur six à sept pouces de longueur. Après avoir coupé la baguette en morceaux, d'une longueur convenable, on émoussera les bords de la section avec une lime, ou en les ramollissant à la flamme d'une lampe ; quelques-unes seront tout-à-fait arrondies ; d'autres seront laissées coniques, chacune d'elles ayant son usage particulier. On se sert quel-

quelques fois d'une baguette d'émail; mais le verre est plus dur et moins fragile. On doit éviter l'emploi des tubes creux en verre, parce que le bout fermé est sujet à se casser lorsqu'on le plonge dans un liquide chaud.

349. Passant actuellement à la manière d'opérer les dissolutions, nous parlerons en premier lieu d'un procédé fréquemment employé dans les laboratoires pour dissoudre des sels ou d'autres substances complètement solubles. Au moyen de ce procédé on prépare des dissolutions suffisamment concentrées, sans qu'il soit nécessaire d'employer la chaleur. Après avoir mis la substance dans un mortier bien propre, on y verse un peu d'eau, et l'on réduit le tout à l'état de pâte claire; cela fait, après avoir ajouté une plus grande quantité d'eau, on agite bien le mélange; les particules ayant été réduites à un état de ténuité extrême, se dissoudront très-rapidement. Mais si, malgré la trituration, une portion de la substance ne se dissolvait pas, on laisserait déposer un instant, et, après avoir décanté le liquide, on triturerait le résidu avec de nouvelle eau, et l'on continuerait de cette manière jusqu'à ce que le tout fût dissous. Toutes les eaux ayant été réunies, on laissera reposer un moment, pour que les particules qui n'auraient pas été dissoutes puissent se déposer; on ajoutera un peu d'eau, et l'on remuera le tout jusqu'à ce que le liquide devienne clair ou à peu près. On pourrait également le filtrer s'il en était besoin. On obtient de cette manière, en peu d'instans, des dissolutions presque saturées, et toujours suffisamment concentrées pour l'emploi journalier d'un laboratoire.

350. Ce moyen de faciliter la dissolution par une division mécanique est très-utile dans un grand nombre de circonstances, particulièrement lorsqu'il s'agit d'une

substance qui se trouve embarrassée, et comme recouverte par une autre. Il est inutile de dire que lorsqu'on emploie les acides ou les alkalis au lieu d'eau, le mortier doit être de nature à pouvoir résister à ces agens.

351. Souvent on emploie la chaleur pour favoriser la dissolution; mais elle agit d'une manière différente, car tandis que la division mécanique multiplie simplement les surfaces de contact entre le dissolvant et le corps à dissoudre, la chaleur augmente la puissance du dissolvant, le rend capable de se charger d'une plus grande quantité du corps à dissoudre, et établit dans le liquide une foule de courans qui renouvellent constamment les surfaces en contact. Ainsi la chaleur ne rend pas seulement l'action plus prompte, comme cela a lieu par la pulvérisation, mais elle augmente encore la capacité du dissolvant.

352. Le premier avantage de l'application de la chaleur est d'obtenir des dissolutions saturées lorsqu'elles sont revenues à la température ordinaire; ainsi il faudrait un temps fort long pour préparer une dissolution d'arsenic blanc, si l'on se contentait de mettre l'arsenic pulvérisé en contact avec l'eau; tandis qu'en faisant bouillir le mélange pendant une demi-heure, l'on obtient par le refroidissement une dissolution saturée. Lorsque l'on agit sur une substance soluble susceptible de cristalliser, il faut, pour avoir la certitude que la dissolution est complètement saturée, qu'une portion ait cristallisé par refroidissement.

353. Il est facile de s'assurer, lorsque la dissolution est encore chaude, si l'on a atteint le point de saturation; pour cela on plonge dans le liquide une baguette de verre, l'en en prend une goutte que l'on fait tomber sur

un plateau de verre froid ; si , après quelques minutes , on aperçoit des cristaux , ou du moins quelque matière solide , c'est une preuve que la dissolution sera saturée à froid. Si l'on n'apercevait pas d'abord de cristaux , il faudrait remuer la goutte de liquide avec la spatule de platine , et frapper légèrement le plateau en dessous ; ce mouvement détermine souvent la précipitation des cristaux , qui différemment n'aurait lieu qu'après un temps plus ou moins long. On filtrera enfin la dissolution , s'il en est besoin , pour en séparer les substances non dissoutes.

354. Lorsqu'en chauffant une dissolution on n'a pas seulement pour but d'augmenter la propriété du dissolvant et d'obtenir une dissolution saturée , mais encore de faciliter certaines opérations qui exigent une application soutenue de la chaleur , l'on doit se servir de vases qui ne favorisent pas l'évaporation ; ils sont surtout nécessaires pour les décoctions et les digestions , qui se prolongent quelquefois pendant un temps très-long : leur forme peut être très-variée , mais c'est le chimiste seul qui peut , suivant les cas , décider celle qu'il convient d'employer de préférence.

355. Dans des cas semblables , ce qu'il faut surtout éviter c'est d'exposer subitement les vases de verre à l'action de la chaleur. Un ballon en verre , rempli d'eau , à moins qu'il ne soit très-mince , cassera infailliblement si on le pose directement sur un bain de sable chaud. Avant de l'y placer , on devra aussi en sécher exactement le dessous ; car s'il était humide , la chaleur , en réduisant cette humidité en vapeur , causerait une espèce d'explosion qui ferait sauter du sable dans l'intérieur. Si l'on veut chauffer plus promptement , l'on a soin de rejeter le sable sur le bord du bain , et de placer



la capsule de manière à ne laisser que peu ou point de sable entre elle et le fond du bain, puis on relève le sable contre les parois extérieures; l'on peut ainsi donner à la capsule une chaleur proportionnée à l'effet qu'on veut produire. Mais on ne doit pas ordinairement relever le sable plus haut que ne s'élève la dissolution elle-même; car la partie du vase qui est au-dessus du liquide pouvant s'échauffer très-fortement, si par l'effet de l'ébullition le liquide s'élevait jusqu'à cette hauteur, le changement brusque de température qui en résulterait pourrait faire rompre le vase, ou donner lieu à beaucoup de vapeur qui, souleverait le liquide par-dessus les bords.

357. On facilite l'échauffement d'un liquide dans un ballon en recouvrant celui-ci, lorsqu'il est placé sur le sable, avec un cône tronqué, comme on le voit dans la figure.

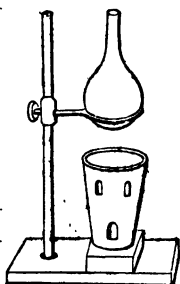


358, 359. Lorsqu'on ne chauffe qu'avec un petit feu de charbon, ou la flamme d'une lampe, il faut soutenir la fiole, au moyen d'un trépied à anneau semblable à celui que représente la figure,



ou d'un support à cornue. Avec le trépied, la fiole se trouvant à une hauteur fixe, la lampe ou le fourneau doivent nécessairement être élevés à la distance convenable, et l'on y parvient au moyen des tasseaux cylindriques en bois, déjà décrits (16). Les supports à cornue sont vendus par les fabricans d'instrumens: ces appareils se composent d'une tige verticale en laiton fixée sur un pied très-lourd; le long de cette tige glisse une douille portant une queue

qui se termine par un anneau, et qui peut se fixer à une hauteur quelconque au moyen d'une vis de pression : on doit avoir des anneaux de différentes grandeurs, suivant la capacité des vases qu'ils doivent supporter. Il est facile, avec un appareil semblable, de tenir la fiole ou le ballon à une distance convenable de la lampe ou du fourneau. Le pied de ces supports est ordinairement en fonte, d'une forme circulaire, et garni de plomb intérieurement. Mais il est préférable de le faire d'un morceau de planche forte de douze pouces environ de long sur six de large, et d'un pouce d'épaisseur. La tige verticale doit être placée à l'une de ses extrémités, à un pouce et demi à peu près du bord. On placera sur cette planche la lampe ou le fourneau, et au-dessus l'anneau mobile; de cette manière, quel que soit le poids qu'il ait à supporter, cet appareil ne pourra être renversé.



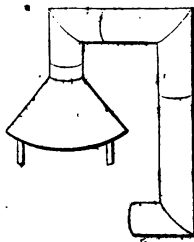
360. Il ne faut jamais poser un fourneau immédiatement sur du bois; on devra toujours placer dessous une brique, pour garantir le bois de l'action du feu.

361 et 362. Lorsque la chaleur d'une lampe n'est pas suffisante, et que quelques circonstances rendent cependant ce moyen de chauffage préférable à tout autre, le cône en fer-blanc (357) peut être alors appliqué utilement. Il détermine autour de la partie supérieure de la fiole une atmosphère d'air très-chaud, et permet d'élever la température à un degré auquel on ne pourrait atteindre sans cela. Afin d'empêcher le contact de la partie supérieure du cône avec la fiole, ce qui pourrait en occasionner quelquefois la

rupture, on doit garnir le haut du cône avec du papier épais, du carton, ou un anneau en liège. La surface extérieure devra être entretenue bien propre et brillante.

363. La nature acide des vapeurs qui s'élèvent de quelques dissolutions rend quelquefois nécessaire de les empêcher de se répandre dans le laboratoire, et de les porter au-dehors : c'est alors qu'il faut faire usage du tuyau décrit (7) pour porter les vapeurs dans la cheminée.

364. Un tuyau mobile est un accessoire fort utile au fourneau-table ci-devant décrit (152). Il se compose d'un cône porté par trois pieds; son diamètre inférieur est égal à celui du bain de sable (153); le tuyau qui le surmonte est recourbé trois fois à angles droits, pour venir déboucher devant la porte du foyer, comme dans la figure. Ce tuyau peut s'ajuster en deux ou trois pièces; les différentes parties peuvent en être faites en



cuivre, cependant il serait peut-être préférable de faire l'entonnoir et le tuyau supérieur en grès. Lorsqu'on placera ce tuyau sur le bain de sable, si l'on a soin de laisser entr'ouverte la porte du foyer, il s'établira un tirage suffisant pour entraîner dans la cheminée toute la vapeur qui se produira.

365. L'intérieur du tuyau doit être entretenu bien propre, afin que la poussière qui s'y serait réunie ne tombe pas dans les dissolutions; mais pour plus de sûreté on devra recouvrir l'ouverture du ballon avec une petite cloche renversée.

366. Lorsque les vapeurs se produiront spontanément, ou n'exigeront pour cela qu'une faible chaleur, on pourra se contenter de placer la fiole sur un valet

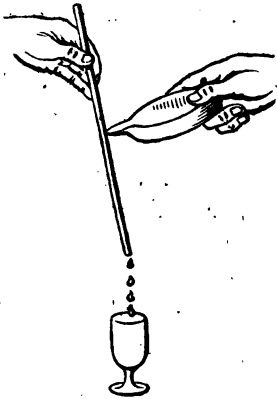
de lisière (59), dans une position inclinée, son ouverture dirigée vers le cendrier, dans lequel le tirage les entraînera. Lorsqu'on possède dans un laboratoire une de ces cheminées dont il a été question (3 — 151), on les emploie avec avantage pour diriger au-dehors les vapeurs.

367. Outre les soins à donner aux dissolutions en général, et que nous venons d'indiquer, il y a une foule de précautions à prendre, lorsqu'on veut opérer avec précision; ainsi, quand la quantité de matière sur laquelle on opère a été pesée, il est important de n'en rien perdre en l'introduisant dans la fiole, ou tel autre vase dont on se sert. Il faut pour cela employer un petit entonnoir, dans lequel on passera ensuite de l'eau distillée pour entraîner les portions de matière qui auraient pu y rester adhérentes.

368. S'il se produit une effervescence dans la fiole, comme lorsque le carbonate de chaux agit sur un acide, par exemple, et qu'il se produit des bulles de gaz qui, en crevant à la surface, projettent des gouttes de liquide quelquefois à plusieurs pouces de hauteur, il faut, pour éviter de perdre de la dissolution, tenir la fiole inclinée sous un angle d'environ  $45^{\circ}$ , afin que les gouttes, au lieu de sortir par l'orifice, aillent frapper contre les parois de la fiole où elles seront retenues. D'autres fois, le courant du gaz, surtout lorsqu'il est considérable, peut entraîner malgré l'inclinaison de la fiole une assez grande quantité de liquide; on ne doit dans ce cas ajouter l'acide ou chauffer qu'avec beaucoup de précaution, afin d'éviter les erreurs possibles. Par la même raison, les opérations susceptibles de donner lieu à une grande effervescence devront être faites dans des ballons d'une assez grande capacité

pour que le courant du **g** ne soit pas trop rapide, et que les particules aient l'espace et le temps nécessaires pour retomber.

369. Quelques précautions que l'on prenne pour verser un liquide d'un vase dans un autre, il est très-difficile, presque impossible d'empêcher, lorsqu'on relève le vase, qu'une petite quantité ne coule à l'extérieur, ce qui occasionne nécessairement une perte. L'on obvie à cet inconvénient en faisant couler le liquide le long d'une baguette de verre, comme on le voit dans la figure. Cette baguette peut ensuite être lavée facilement, ainsi que la capsule, avec de l'eau distillée.

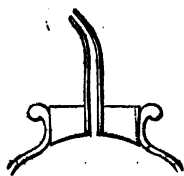


370. Une baguette de verre employée comme nous venons de le dire peut aussi servir à introduire un liquide dans une bouteille à goulot étroit; elle a même quelquefois un avantage sur l'entonnoir, en ce qu'il n'y a qu'une bien moindre surface de mouillée.

371. Lorsqu'on ne veut pas enlever la totalité du liquide contenu dans une vase, mais que l'on veut seulement en avoir quelques gouttes, l'on se sert avec avantage d'une baguette que l'on plonge dans le liquide, et que l'on fait égoutter ensuite sur un plateau de verre ou une petite capsule. L'on enlève ainsi des quantités variables suivant qu'on plonge plus ou

moins la baguette, et l'● peut, en la tenant dans une position presque horizontale, soustraire une quantité assez notable du liquide sur lequel on agit. Toutes ces petites observations sont utiles pour des expériences délicates, et lorsqu'on n'a à sa disposition que de petites quantités de substances.

372 et 373. Un instrument très-utile dans un laboratoire, et dont la description trouve naturellement ici sa place, est la *bouteille à laver*. Elle sert à procurer



successivement de petites quantités d'eau. On doit en avoir au moins deux dans un laboratoire; l'une, pouvant fournir des gouttes assez grosses, ou même un filet d'eau; l'autre, n'en laissant échapper qu'une quantité très-petite. La plus grande doit être une bouteille de demi-pinte environ; son ouverture est fermée par un fort bouchon, légèrement concave en dessous, comme on le voit dans la figure, et que traverse un tube de verre de deux pouces et demi à peu près de longueur, et d'un huitième de pouce de diamètre intérieur. Ce tube ne doit pas dépasser le bouchon à l'intérieur. Il est effilé à la lampe, et légèrement recourbé à sa partie supérieure. Le bouchon portera une petite rainure conique allant en diminuant à partir de l'extérieur, et destinée à la rentrée de l'air. Cette entaille doit se trouver du côté opposé à la courbure du tube. Lorsque la bouteille est pleine d'eau distillée, et qu'on l'incline, elle fournit un filet d'eau plus ou moins considérable, suivant la position qu'on lui donne, et peut ainsi servir à laver des tubes, des entonnoirs, etc. On peut augmenter la rapidité de la chute en donnant quelques secousses à la bouteille.

374. Le choix des dissolvans convenables pour certaines substances est de la plus grande importance, et doit cependant être abandonné en grande partie à la sagacité de l'opérateur. S'il s'agit de reconnaître les propriétés d'une substance en agissant sur ses dissolutions, il faudra d'abord la traiter par l'eau; si ce liquide est sans action, on essaiera successivement l'alcool, les éthers sulfurique et acétique, les huiles, etc. On doit toujours employer de préférence les dissolvans susceptibles de se vaporiser et incapables d'altérer les propriétés chimiques de la substance à dissoudre. L'eau est de tous les dissolvans celui qui possède ces propriétés au plus haut degré.

375. Dans un grand nombre de circonstances où l'on ne peut employer ni l'eau ni l'alcool séparément, il est avantageux de les employer mélangés. Ainsi, pour séparer un mélange de muriate de soude et de sulfate de chaux, il vaut mieux employer un liquide formé d'une partie d'alcool et de deux ou trois parties d'eau qui ne dissoudra que le muriate, que de faire usage d'eau pure qui dissoudrait à la fois le muriate de soude et une portion de sulfate de chaux.

376. Lorsque après avoir préparé une dissolution aqueuse d'une matière végétale que l'on aura reconnue contenir différentes substances dont quelques-unes seulement sont solubles dans l'alcool (et il est peu de dissolutions végétales qui ne soient dans ce cas), il faudra les séparer les unes des autres; la première chose à faire sera de concentrer la dissolution par l'évaporation; sans la pousser toutefois jusqu'à siccité, ou jusqu'au point où la matière organique pourrait être décomposée; l'on traitera ensuite par l'alcool le produit de cette évaporation. Si l'on prolongeait trop long-temps l'é

vaporation ; l'on aurait une masse sur laquelle l'alcool n'agirait qu'imparfaitement à moins qu'on n'y employât beaucoup de temps, parce que les matières solubles seraient garanties de son action par celles qui ne le sont pas. Il vaut mieux arrêter l'évaporation lorsque le liquide est sirupeux, et y verser une petite quantité d'alcool : il se produira il est vrai un précipité ; mais, en agitant, l'eau qui se trouve en excès redissoudra le précipité, et le tout redeviendra liquide. En ajoutant de l'alcool à plusieurs reprises, et agitant à chaque fois, il se formera peu à peu un précipité qui ira en augmentant avec la proportion d'alcool. On effectuera par ce moyen la séparation de toutes les matières insolubles dans l'alcool, et les autres resteront en dissolution. La quantité d'alcool à ajouter doit surpasser de beaucoup l'eau qui resterait encore après l'évaporation, sans quoi son pouvoir dissolvant se trouverait affaibli, et la séparation des substances insolubles de celles qui sont solubles, ne serait point complète. De là la nécessité de pousser l'évaporation aussi loin que possible, tout en conservant au résidu assez de liquidité pour que l'alcool puisse y être mélangé facilement. Quand la masse d'alcool ajouté formera trois ou quatre fois le volume total, on sera certain que la séparation est complète.

377. Quelques acides se comportent quelquefois comme de simples dissolvans, et ne paraissent point occasioner d'altération dans les substances sur lesquelles ils agissent. C'est ainsi que l'acide acétique dissout le caoutchouc ; que les acides acétique, nitrique, muriatique, et quelques autres, dissolvent les phosphates et les borates ; enfin que l'acide muriatique dissout le sulfate de plomb et un peu de muriate d'argent.



378. Lorsqu'on fait usage des acides ou de tels autres agens chimiques énergiques solubles dans l'eau, soit comme simples dissolvans, soit pour obtenir des combinaisons, il faut se déterminer dans leur choix par les avantages particuliers que peut présenter chacun d'eux. Ainsi, lorsqu'on emploiera l'acide nitrique comme dissolvant, l'on devra se rappeler qu'il ne forme que des sels solubles, qu'il cède facilement l'oxygène à tous les métaux, et facilite par conséquent leur dissolution, enfin qu'il peut se séparer de ses combinaisons à une température élevée. L'on devra également avoir présentes à l'esprit toutes les autres propriétés de l'acide nitrique, et de tous ceux que l'on pourra employer comme dissolvans.

379. De tous les dissolvans alcalins dont on peut avoir besoin, le plus commode est sans doute l'ammoniaque, à cause de sa grande volatilité, qui se retrouve également dans tous les sels qu'il peut former, à l'exception du phosphate, du borate, et de ceux qui contiennent des acides métalliques. On n'aura recours aux alkalis fixes que dans les cas où l'ammoniaque ne pourra être employé avec succès.

380. Il faut être sur ses gardes relativement aux variations qu'apporte dans la solubilité de certains corps la présence de matières étrangères; ainsi de petites quantités de certaines substances que l'on regarde généralement comme insolubles, pourront être dissoutes à la faveur d'une autre substance ou d'une double décomposition. L'on aura lieu également d'observer que telle substance qui se dissout très-promptement dans certains véhicules, ne s'y dissoudra, dans quelques circonstances, qu'avec difficulté lorsqu'elle sera mélangée avec une autre,

bien que cette dernière ne paraisse exercer aucune action sur elle. C'est ainsi qu'en faisant bouillir du phosphate de baryte dans une dissolution de muriate de potasse, l'on en dissout une quantité plus considérable que si l'on eût employé de l'eau pure. D'un autre côté, si l'on précipite ensemble de l'alumine et de l'oxide de fer, l'on éprouvera de la difficulté à redissoudre dans la potasse la première de ces deux substances, bien que seule elle soit très-facilement soluble dans cet alkali.

381. Les alkalis terreux sont sensiblement solubles dans les dissolutions de sucre, et même, quoiqu'à un moindre degré, dans les dissolutions de matières végétales et dans les extraits; en sorte qu'ils existent parfois en dissolution dans des circonstances tout-à-fait inattendues; ce qui pourrait induire en erreur un chimiste peu expérimenté, tant sur les propriétés que sur les caractères des autres substances avec lesquelles ils sont mêlés. Le platine, qui n'est pas soluble dans l'acide nitrique, même à l'état spongieux et de division extrême, acquiert cette propriété lorsqu'il est allié en petites portions à des métaux qui y sont solubles, en sorte qu'il se présente quelquefois dans des dissolutions où on ne l'aurait pas supposé. L'acide tartrique et les tartrates jouissent à un très-haut degré de la propriété de rendre solubles, dans d'autres acides, divers oxides métalliques qui ne le sont pas naturellement. Cette propriété se manifeste surtout lorsqu'on ajoute à la dissolution des substances capables d'opérer la séparation de ces oxides dans les circonstances ordinaires. Les oxides de bismuth, d'antimoine, d'étain et de titane deviennent très-solubles dans les acides lorsqu'on y ajoute de l'acide tartrique;

de même si l'on ajoute une certaine quantité de cet acide à des dissolutions de sels à base de fer, de titane, de manganèse, de cirium, de cobalt, de nickel, de plomb, d'antimoine, d'alumine, de magnésie, et d'ytria, l'ammoniaque, et quelquefois même la potasse ou la soude, n'en peuvent plus précipiter les bases. On peut dans certains cas tirer avantage de cette propriété; mais elle offre aussi parfois des inconvéniens, en rendant nulle l'action des réactifs ordinaires.

382. Les sels métalliques fournissent des dissolutions aqueuses qui, en conséquence des différentes proportions d'oxigène avec lesquelles la plupart des métaux peuvent se combiner, subissent des altérations en raison du degré d'oxigénation que prend le métal dans la dissolution. Ces changemens peuvent être utiles dans quelques circonstances. Si l'on veut oxider un métal, soit pour le rendre soluble ou pour tout autre objet, les agens dont on se servira seront particulièrement les acides nitrique et nitro-muriatique, le chlore et le chlorate de potasse, et quelquefois même les alkalis. Aucun métal n'est soluble dans l'eau ou dans un acide, s'il n'est combiné avec l'oxigène; c'est en vertu de cette loi que les acides sulfurique, phosphorique, et peut-être muriatique, lorsqu'ils dissolvent un métal, déterminent fréquemment la décomposition de l'eau, dont l'oxigène se fixe sur le métal. L'acide nitrique est souvent décomposé, le métal avec lequel on le met en contact s'oxigénant aux dépens d'une partie de l'oxigène qui entre dans sa composition. Les sels de protoxide passent souvent à l'état de sels de péroxide en ajoutant à leur dissolution de l'acide nitrique, ou de l'acide nitro-muriatique, ou du chlore. En chauffant un sulfate, un muriate, ou un nitrate de

protoxide de fer avec un peu d'acide nitrique, ou nitro-muriatique, on obtiendra des sels de peroxyde : la chaleur seule effectuera cette transformation pour le nitrate. Le proto-nitrate d'étain se comporte comme celui de fer. Dans toutes ces transformations il ne faut employer aucun acide qui puisse nuire aux opérations subséquentes, ou ne soit susceptible de se volatiliser par la chaleur. On peut s'assurer de l'influence des alkalis pour favoriser l'oxygénation, en mettant un peu d'oxide de chrome ou d'un sel de ce métal, dans une dissolution alkaline, celle-ci étant en grand excès. Si l'on fait évaporer à siccité dans une capsule de platine, et chauffer le mélange avec le contact de l'air, l'oxide de chrome en absorbera l'oxygène, et se transformera en acide chromique par l'influence de l'alkali avec lequel il tend à se combiner.

383. Les agens désoxidans sont particulièrement les substances végétales, telles que l'alcool, l'éther, le sucre, la gomme, etc. Parmi les sels métalliques, ceux de peroxyde de manganèse peuvent passer à l'état de sels de protoxide, en les faisant bouillir avec de l'alcool ou de l'éther, et devenir incolores; le platine et le palladium en dissolution sont ramenés par l'alcool bouillant à l'état métallique. Les peroxydes de plomb et de manganèse, mêlés avec l'un des corps désoxidans ci-dessus et un acide, sont ramenés à l'état de protoxides, et se dissolvent lorsqu'ils peuvent former avec l'acide un sel soluble. Les chromates avec excès d'acide, chauffés avec l'un de ces mêmes corps, perdent leur oxygène, et se transforment en partie en oxide de chrome, qui s'unit avec l'excès d'acide pour former un sel.

384. Ce que nous avons dit des dissolutions des

substances inorganiques s'applique avec quelques modifications aux corps organisés. Ces modifications dépendent particulièrement de l'état de la matière à dissoudre, et de son altérabilité. Les principes actifs que l'on veut séparer sont en général en petite quantité relativement à la masse de matières inertes qui les enveloppent; et les agens énergiques, tels que les acides et les alkalis, agissent aisément sur ces dernières, et les transforment en corps solubles qui chargent inutilement la dissolution. Il convient donc d'employer des agens qui exercent une action énergique sur les principes à dissoudre, et n'attaquent pas les matières qui les accompagnent. Ainsi on ne devra en général employer les acides et les alkalis que très-étendus d'eau, et après avoir épuisé tous les autres dissolvans, tels que l'eau, l'alcool, l'éther, etc.

385. M. Robinet a récemment recommandé d'employer comme dissolvans les dissolutions de sels neutres, pour déterminer la séparation de certains principes, dans des circonstances où l'eau dissoudrait le tout, ou n'agirait qu'imparfaitement.

386. Si la substance organique est solide, il faut préalablement la râper ou l'écraser (309, 332), sans la réduire pourtant précisément en poudre. Si elle est facilement attaquable par l'eau on pourra se contenter, après l'avoir mise dans un poëlon, de verser dessus de l'eau chaude; mais si elle l'est peu, on exposera le tout à la chaleur du bain de sable ou de la lampe pendant un certain temps. Lorsqu'on ne fait que jeter de l'eau sur la substance, le produit de cette opération s'appelle *infusion*; on lui donne le nom de *décoction* lorsqu'on le soumet pendant un temps quelconque à l'ébullition; et quand après avoir versé de l'eau, soit

chaude, soit froide, sur la substance, on l'y laisse séjourner pendant long-temps, il prend le nom de *macération*.

387. Un très-bon et très-utile procédé pour préparer une dissolution est la *lixiviation*; mais il ne peut être employé que pour les matières qui étant naturellement poreuses sont perméables à l'eau : il consiste à séparer par des lavages un corps soluble d'un autre qui ne l'est pas. A cet effet, après avoir disposé grossièrement le mélange, on verse de l'eau dessus jusqu'à ce que les cavités en soient remplies, et la masse recouverte; dans les laboratoires où l'on opère sur de petites quantités, cette opération pourra se faire dans un entonnoir : c'est de cette façon que nous la décrirons. Supposons qu'on veuille séparer les sels contenus dans des cendres, on placera sur un support un entonnoir d'une capacité suffisante, dont la douille sera munie d'un robinet. On mettra en premier lieu quelques corps assez gros, des fragmens de verre par exemple, pour qu'ils ne puissent descendre dans la douille, et pour empêcher également les matières de s'y introduire. Par-dessus ces corps on mettra une couche, d'un pouce d'épaisseur, formée des cendres les plus grossières; les cendres plus fines seront ensuite placées sur cette première couche. Tout étant ainsi disposé on versera, suivant les circonstances, de l'eau froide ou chaude, de façon à recouvrir la masse. On laisse le tout dans cet état pendant un temps plus ou moins long suivant la solubilité des substances. L'eau, après avoir dissous les portions solubles, acquerra une densité plus considérable, et gagnant la partie inférieure de l'entonnoir, fera place à l'eau pure. La partie supérieure se trouvera ainsi, au bout de très-peu de temps, presque

entièrement épuisée de substance soluble. Après avoir laissé déposer quelque temps, on débouche l'ouverture inférieure, et on laisse le liquide s'écouler lentement, afin de ne pas déranger la matière qui se trouve dans l'entonnoir. On repasse de l'eau sur le résidu une seconde et une troisième fois, etc., jusqu'à ce qu'elle n'entraîne plus rien de soluble, ou des quantités assez petites pour pouvoir être négligées sans inconvénient.

388. Ce procédé ne peut être employé, comme on l'a déjà dit, que pour les substances qui se laissent pénétrer facilement par l'eau ; mais lorsqu'elles se tassent ou qu'elles adhèrent au verre de manière à ne pas permettre l'écoulement du liquide, il convient, dans quelques circonstances, de les mélanger avec des matières inertes, telles que de la paille, du foin, du sable ou des fragmens de verre. Il vaut mieux néanmoins, pour les expériences de laboratoire, mettre la substance dans une grande capsule, et favoriser la dissolution à la manière ordinaire.

---

## SECTION VII.

*Distillation, sublimation.*

389. La distillation et la sublimation ont le même but, et s'exécutent de la même manière. Elles consistent l'une et l'autre à faire passer un corps à l'état de vapeur pour le séparer de substances étrangères, et à le condenser ensuite. Elles ne diffèrent entre elles que par l'état particulier qu'affecte le corps volatilisé. S'il est à l'état solide, l'opération prend le nom de sublimation; on l'appelle au contraire distillation, lorsque le produit est liquide. La seule condition à remplir est d'élever assez la température pour que le corps que l'on veut séparer puisse passer à l'état de vapeur, et être conduit dans cet état dans un récipient d'une température telle, qu'il puisse promptement reprendre son état solide ou liquide.

390. Quelque simple que soit cette opération, considérée théoriquement, il en est peu qui soient susceptibles d'autant de modifications dans la pratique, et qui exigent une aussi grande variété d'appareils, non-seulement par rapport aux qualités particulières des corps, mais encore à cause des différentes températures nécessaires pour leur vaporisation. En effet quelques-uns, tels que le chlore, l'acide sulfureux, etc., entrent en ébullition au-dessous de zéro, tandis que d'autres, comme le zinc, exigent une température rouge.



391. La description de la distillation au moyen de l'alambic ordinaire va nous servir à faire connaître les diverses difficultés que peut présenter cette opération. On emploie cet appareil pour la distillation de l'eau et pour celle de l'alcool. Il se compose d'une chaudière en métal dans laquelle on place l'eau à distiller ; sur cette chaudière est adapté un chapiteau qui se termine par un bec qu'on ajuste dans un tuyau en spirale nommé serpentín, qui est lui-même plongé dans un seau qu'on appelle réfrigérant. Par l'action de la chaleur l'eau se trouve réduite en vapeur, et vient se condenser dans le serpentín, d'où elle s'échappe à l'état liquide par l'extrémité inférieure, qui doit être constamment ouverte.

392. On doit entretenir toujours sous la chaudière un feu suffisant pour que l'ébullition soit forte et continue, afin d'obtenir un courant de vapeur considérable. Il convient aussi de ne pas laisser refroidir le chapiteau de l'alambic, car sans cela les vapeurs s'y condenseraient, et retomberaient dans la chaudière, ce qui entraînerait une dépense de chaleur en pure perte. Lorsque cette partie de l'appareil est exposée à l'action de l'air, il faut la recouvrir avec un morceau de drap pour s'opposer au refroidissement. Le diamètre du tube doit être assez grand pour laisser un libre passage à la vapeur ; enfin l'on ne doit pas oublier que l'eau doit être remplacée dans la chaudière, à mesure qu'elle diminue par l'ébullition.

393. Lorsque la vapeur est parvenue dans le serpentín, elle doit y être condensée, et c'est pour cette raison qu'il est renfermé dans un seau rempli d'eau froide. L'eau de ce réfrigérant s'échauffant en raison de la rapidité de la distillation, il devient nécessaire

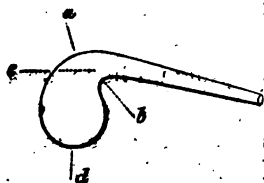
de la renouveler. Parmi toutes les dispositions indiquées, il n'en est pas de meilleure que celle qui consiste à conduire un filet continu d'eau froide dans la partie inférieure du réfrigérant, et à faire sortir par la partie supérieure une quantité correspondante d'eau chaude. Quelle que soit d'ailleurs la disposition que l'on ait adoptée, l'on ne doit jamais laisser l'eau du réfrigérant s'échauffer à plus de deux ou trois pouces au-dessous de sa surface; car, bien que la vapeur puisse encore se condenser dans la partie inférieure du serpentín, lors même qu'une grande portion du liquide supérieur est très-échauffée, l'on doit éviter que cela n'ait lieu, moins par rapport à la déperdition de vapeur qui pourrait en résulter, que parce que cette dernière ne pouvant pas circuler librement dans les contours d'un tube étroit, exerce dans l'intérieur une pression plus ou moins forte, qui est quelquefois capable de faire sauter le chapiteau. En général tout obstacle à la libre circulation de la vapeur retarde l'opération, et occasionne une perte de combustible.

...394. L'eau doit être à peine tiède lorsqu'on la recueille; il faut éviter que l'extrémité du serpentín ne plonge dans le liquide, parce qu'il pourrait en résulter une absorption, dans le cas où la condensation de la vapeur s'opérerait brusquement dans l'intérieur.

...395. Dans les laboratoires, les distillations se font ordinairement dans des cornues. On en fait de différentes matières. Les cornues en verre peuvent servir pour toutes les opérations qui n'exigent pas une température capable de les ramollir; l'on peut cependant en les tenant les soumettre à une température un peu plus élevée. La transparence du verre offre l'avantage de pouvoir observer les progrès de l'opération; de plus

elles sont faciles à nettoyer ; mais elles ont l'inconvénient d'être fragiles.

396. Quoique la forme des cornues de verre soit assez indifférente en elle-même pour les distillations, il est bon d'en avoir dont le col soit de longueur et de dimensions différentes relativement à la capacité de la cornue. Les proportions les plus ordinaires sont celles



représentées dans la figure. L'on doit surtout faire attention à leur forme lorsqu'on a l'intention d'y faire le vide. En général elles sont sujettes à deux défauts qui les affaiblissent quelquefois assez

pour qu'elles ne puissent pas supporter la pression atmosphérique : l'un, est l'aplatissement de leur surface en *a* ; et l'autre, un pli en *b* formant un angle aigu dans le verre. Il convient d'éviter ces défauts, et de choisir de préférence des cornues suffisamment convexes dans toutes leurs parties.

397. Relativement à l'épaisseur, il faut, autant que possible, qu'elle soit égale dans toute l'étendue de la cornue. Si elle ne l'était pas, il serait préférable que la moindre épaisseur fût en *d*, et qu'elle allât en augmentant, à partir de ce point, jusqu'à la naissance du col. Toutes choses égales d'ailleurs, les petites cornues doivent être plus épaisses que les grandes, parce qu'elles sont plus souvent exposées à des températures capables de ramollir le verre. L'on doit rejeter avec soin celles qui ont des soufflures ou des grains de sable, parce qu'elles sont plus sujettes à se briser.

398. Il faut avoir dans un laboratoire des cornues de capacité différente, depuis deux onces jusqu'à deux pintes.

399. Les cornues sont quelquefois munies de tubulures. Celles-ci sont plus sujettes à casser, à cause de l'irrégularité de leur forme, et de l'épaisseur du verre dans l'endroit où la tubulure est appliquée. Cette tubulure doit être disposée de manière à s'ouvrir dans le corps de la cornue, et à recevoir un entonnoir ou une baguette, et assez forte à la partie supérieure pour pouvoir être fermée hermétiquement avec un bouchon de cristal usé à l'émeri.

400. Toutes les fois que l'on emploie un bouchon à l'émeri, soit pour une cornue ou dans toute autre circonstance, on doit s'assurer qu'il s'adapte exactement dans l'orifice. Il faut pour cela, après l'avoir introduit, le faire tourner sur place, et voir si dans toutes les positions qu'on peut lui faire prendre il est parfaitement adhérent, et n'a aucun jeu. Lorsqu'on s'en est assuré, on doit l'imprégner légèrement de suif, ce qui facilite ses mouvements, et contribue en même temps à fermer le flacon plus exactement.

401 et 402. Il y a plusieurs précautions à prendre relativement à l'introduction des substances solides dans l'intérieur des cornues, et que la pratique seule peut enseigner aux commençans.

403 et 404. L'introduction des substances liquides exige quelque attention, surtout si l'on tient à opérer avec exactitude. Si la cornue est tubulée, il suffit d'introduire le liquide par la tubulure, au moyen d'un entonnoir dont la douille soit assez longue pour pénétrer, jusque dans la panse, et de le retirer ensuite avec assez d'adresse pour ne pas mouiller l'intérieur de la tubulure. Lorsque la cornue n'est pas tubulée, on introduit le liquide par le col, de la même manière, en se servant d'un entonnoir dont la douille.

plus longue pénètre également dans la panse. A défaut d'entonnoir l'on prend un tube d'une longueur suffisante, au moyen duquel le liquide est introduit sans mouiller le col. Il faut seulement avoir soin, avant de le retirer, de le laisser égoutter, et d'incliner le col de la cornue un peu au-dessous de la ligne horizontale, afin que le liquide qui se trouverait encore dans le tube rentre dans l'intérieur de celui-ci, qu'on peut alors retirer sans mouiller le col de la cornue.

405. La capacité des cornues doit être proportionnée à la quantité de matière qu'elles doivent contenir, et au genre d'opération auquel on les destine. Ainsi, si l'ébullition doit être rapide, et que l'on ait à craindre un boursofflement, ou des soubresauts qui pourraient projeter le liquide dans le col de la cornue, l'on ne doit la remplir qu'en partie.

406, 407 et 408. Il est quelques substances qui facilitent singulièrement le dégagement de la vapeur, sans paraître exercer aucune action chimique sur les corps qui la produisent, et rendent praticables, dans beaucoup de cas, certaines distillations qu'on ne pourrait pas opérer sans leur secours. Lorsque l'on distille dans des vases de verre de l'alcool étendu d'eau, certaines teintures alcooliques et plusieurs autres liquides, la vapeur paraît à certaines époques ne se dégager qu'avec peine, on voit le liquide rester quelque temps sans bouillir, puis produire subitement une masse de vapeur qui remplit toute la capacité de la cornue, et qui, non-seulement peut projeter une portion du liquide dans le col, ce qui obligerait à recommencer l'opération, mais peut encore produire des explosions capables de briser la cornue elle-même. On prévient ces inconvéniens en introduisant dans la

comme des fragmens anguleux n'ayant aucune action sur les substances dans lesquelles on les plonge, tels que des rognures de platine, une spirale de fil d'argent, de platine ou de cuivre, de la limaille d'argent ou de platine, et même des fragmens de liège ou de papier.

409. La distillation de l'acide sulfurique dans des vases de verre, qui présente de si grands dangers, tant à cause de la haute température à laquelle elle s'opère, que des propriétés corrosives de l'acide sulfurique, peut se faire sans aucun risque lorsqu'on y introduit, comme nous venons de le prescrire, quelques fragmens de feuille de platine.

410. Il faut avoir grand soin de ne pas introduire les substances dont nous venons de parler lorsque le liquide est près de bouillir, parce qu'il se produirait tout à coup, au moment de l'immersion, une quantité de vapeur considérable qui pourrait être suivie d'accidens fort graves. Il convient de retirer le vase du feu, d'y introduire le fil de platine d'abord à la surface, et de ne l'enfoncer plus profondément que lorsque l'ébullition produite par son contact aura entièrement cessé. On retire ensuite le fil, et l'on introduit par la tubulure le liège, le platine, ou toute autre substance que l'on aura choisie suivant la nature du liquide.

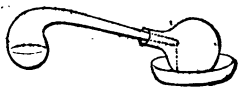
411. Ces effets sont surtout très-apparens avec l'acide sulfurique, qui pourra, au moyen du platine, entrer en ébullition à plusieurs degrés au-dessous du point auquel il bout ordinairement. M. Oersted (1) a remarqué que l'introduction d'un fil de laiton dans de l'eau-de-vie en accélère beaucoup la distillation, et M. le docteur Bostock (2), d'une autre part, a observé des effets semblables sur l'éther.

(1) *Annals of philosophy*, N. S., ix, 157. — (2) *Id.*, 196.

412. On peut ranger en deux séries les produits de la distillation : 1° les vapeurs, c'est-à-dire ceux qui peuvent se condenser à la pression ordinaire par les abaissemens de température que nous pouvons produire; 2° les gaz qui ne sont pas susceptibles de se condenser, et que l'on a nommés pour cette raison fluides élastiques permanens. Bien que cette distinction soit reconnue inexacte, aujourd'hui que l'on a découvert que plusieurs de ces gaz se comportaient absolument comme les vapeurs, nous la conserverons cependant parce qu'elle est généralement adoptée dans le langage chimique, et qu'elle est commode pour la division des opérations.

413. On appelle récipients les vases destinés à recevoir et quelquefois à condenser les produits de la distillation. Leur forme est tout-à-fait arbitraire, et dépend uniquement de l'usage spécial auquel on les destine.

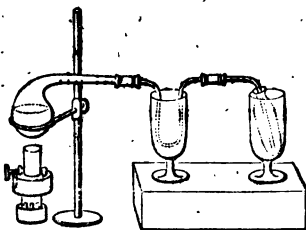
414. La manière la plus simple de disposer la cornue et le récipient, est d'engager le col de la première dans celui du dernier, qui dans ce cas doit être un ballon ou un matras. Cette disposition très-commode est employée toutes les fois qu'on n'a pas besoin d'une grande précision. Si l'air am-



biant ne suffisait pas pour condenser les vapeurs dans le récipient, il faudrait faire plonger celui-ci dans un vase rempli d'eau froide. Pendant l'opération on retournera le ballon de temps en temps, afin de le mettre en contact avec l'eau sur tous ses points, et s'il s'échauffait trop fortement par un dégagement rapide de vapeur, on le couvrirait d'un papier brouillard mouillé, sur lequel on verserait de l'eau. L'eau et les autres

liquides aussi volatils peuvent être aisément distillés de cette manière.

415. L'on peut dans quelques opérations distiller à vases ouverts, surtout lorsqu'il est nécessaire de changer les récipients, lors même qu'un grand abaissement de température est nécessaire pour opérer la conden-



sation. L'appareil employé pour la distillation de l'acide sulfureux fera connaître les moyens dont on peut faire usage. La cornue dans laquelle l'acide sulfureux est produit, est réunie par un tube de caoutchouc à

un tube de verre recourbé comme on le voit dans la figure. Un autre tube de caoutchouc fait communiquer celui-ci à un second tube de verre. Le premier plonge dans un vase propre à recevoir un mélange frigorifique, et le second est destiné à conduire le gaz dans le récipient. Tous ces tubes doivent être assez larges pour offrir au gaz un libre passage (1).

416. Les tubes de caoutchouc sont aisés à faire, et comme ils sont d'un usage fréquent pour faire communiquer entre eux les tubes et les appareils servant au dégagement des gaz, il est bon d'en avoir toujours un certain nombre d'un à deux pouces de long, depuis un quart jusqu'à un demi-pouce de diamètre. La manière la plus facile de les faire est de se procurer une

(1) L'on trouve dans le journal de pharmacie, tom. X, la description d'un appareil, pour la liquéfaction de l'acide sulfureux, plus complet que celui qui est donné ici; le même appareil se trouve décrit et figuré dans le traité de chimie de M. Colin (1827).



feuille de caoutchouc d'environ un dixième de pouce d'épaisseur, et dix à douze pouces carrés de surface. On en coupe un morceau d'à peu près un pouce et demi carré; on le fait chauffer légèrement jusqu'à ce qu'il soit devenu mou et flexible, puis on l'applique autour d'une baguette de verre, ou de tout autre corps cylindrique d'un diamètre moindre que celui du tube que l'on veut faire. Après avoir pressé fortement avec les doigts les bords du caoutchouc qui dépassent le contour de la baguette, jusqu'à ce qu'ils adhèrent légèrement, on les coupe avec des ciseaux bien aiguisés, ce qui enlève le caoutchouc superflu, donne à chacun des bords une surface parfaitement nette, et les fait adhérer légèrement ensemble. On complète ensuite la soudure en mettant sur-le-champ les deux bords en contact sur toute la longueur que l'on vient de couper : pour cela il ne faut que presser les deux surfaces ensemble, en appuyant avec l'ongle du pouce sur chacun des côtés, et comme la baguette de verre offre en dessous un point de résistance, on obtient bientôt toute l'adhérence désirable. Si l'opération est bien faite, les deux surfaces coupées seront si bien unies l'une à l'autre qu'on ne pourra apercevoir le point de jonction. L'adhérence du caoutchouc, amolli par la chaleur, est telle, que lorsque les deux surfaces ont été unies avec soin, le tube soumis à une pression intérieure trop forte, se déchire souvent ailleurs qu'à la ligne de jonction. Pour pouvoir retirer facilement la baguette de verre, il ne faut pas que le tube y soit serré trop fortement; si l'on avait été obligé de tirer sur le caoutchouc, pour rapprocher les deux surfaces latérales, il pourrait se faire qu'il adhérât à la baguette de manière à ce qu'il fût très-difficile de l'enlever. On obvie ce-

pendant à cet inconvénient en répandant un peu de farine sur la surface du caoutchouc qui doit former l'intérieur du tube, ce qui l'empêche d'adhérer au verre; on peut même employer, au lieu d'une baguette de verre, un tube mince que l'on brise lorsque l'opération est terminée, si le caoutchouc y adhère trop fortement. Lorsqu'on fait usage de farine il faut bien prendre garde qu'il n'en tombe sur les parties qui doivent se réunir, car la présence de la poussière ou de tout autre corps étranger empêchant l'adhérence, la jonction serait imparfaite.

417. Lorsqu'on ne peut se procurer du caoutchouc en feuilles, il faut employer la gomme élastique ordinaire. On choisit pour cela les bouteilles les plus petites et les plus minces, en ne prenant que les parties les plus aplaties, et dont l'épaisseur est la plus uniforme. On les ramollit en les exposant pendant quelques heures à la chaleur, et les malaxant de temps en temps, ou bien en les tenant pendant une demi-heure dans l'eau bouillante, après quoi on les sèche parfaitement, puis on leur donne la forme de tubes. Le caoutchouc en bouteille est plus raide et moins adhérent que celui en feuille, aussi faut-il une pression plus forte et un peu plus de précautions pour obtenir une jonction parfaite. Il faudra quelquefois chauffer le caoutchouc sur la baguette, à deux ou trois reprises, avant de parvenir à bien unir les bords.

418. Quoique, dans la description qui précède, nous ayons toujours supposé aux tubes une forme cylindrique, il faut avoir aussi des tubes en caoutchouc de forme conique pour pouvoir faire communiquer des tubes de diamètres différens. Tous ces tubes sont d'autant plus utiles, que si l'on en excepte peut-être le chlore,

et les acides nitrique et sulfurique concentrés, toutes les autres substances sont sans action sur eux. Lorsqu'on veut réunir deux tubes de verre au moyen d'un ajutage en caoutchouc, comme pour la distillation de l'acide sulfureux, on prend un tube d'un diamètre à peu près pareil à celui du tube de verre sur lequel il doit s'adapter; en raison de son élasticité, il s'élargira facilement; on y introduira l'extrémité du tube de verre, et on l'attachera avec deux ou trois tours de ficelle fine ou de fil qu'on ne serrera que suffisamment pour empêcher l'accès de l'air, sans quoi on s'exposerait à couper le caoutchouc. D'ailleurs lorsqu'il a été ainsi élargi, il se contracte assez fortement pour prévenir toute déperdition de gaz à la pression ordinaire. Si le tube de caoutchouc est un peu trop large, cette substance est assez élastique pour que la pression du fil suffise pour intercepter tout passage à l'air.

419. Lorsqu'on ne veut, comme dans le cas précédent, que réunir les différentes parties d'un appareil, les extrémités des tubes de verre devront entrer de un huitième à un quart de pouce dans ceux de caoutchouc; cela suffit en général pour laisser aux appareils en verre les plus compliqués cette flexibilité nécessaire lorsqu'on veut les transporter, ou apporter des changemens dans quelques-unes de leurs parties sans toucher aux autres.

420. Tout étant convenablement préparé pour une distillation de ce genre (de l'acide sulfureux), à une basse température, il n'y a plus qu'à disposer les moyens de refroidissement pour effectuer la condensation. On pulvérisera de la glace, dont on remplira à moitié le premier vase, qu'on achèvera de remplir avec de l'eau. La condensation devant s'opérer dans le

second vase, il faudra y mettre un mélange frigorifique, de sel et de glace, dont on le remplira presque entièrement.

421. Pour préparer ce mélange on commencera, afin de refroidir le mortier, par y piler un peu de glace, à laquelle on ajoutera un quart de son volume de sel : la glace se fondra en partie, et l'on obtiendra un froid de  $-18^{\circ}$ . On jettera ensuite ce premier mélange, qui ne conserverait pas long-temps sa basse température. On en préparera un autre dans la proportion d'une partie en poids de glace, et d'une demi-partie, ou même d'un tiers seulement de sel : cette dernière quantité surpasse beaucoup celle que l'eau de la glace pourra dissoudre; mais il vaut mieux en mettre un excès, afin que la température se soutienne plus facilement à  $-18^{\circ}$ , tant qu'il restera de la glace. Il ne faudra pas cesser de piler le mélange de sel et de glace dans le mortier, lorsque la température sera descendue à  $-18^{\circ}$ , mais continuer jusqu'à ce que la glace soit bien pulvérisée, ce qui doit se faire très-promptement. Si l'on ne prend pas ce soin, il ne tardera pas à se liquéfier une certaine quantité de glace, le sel sera dissous, et les morceaux de glace flotteront, en sorte qu'on ne pourra que difficilement maintenir la température à  $-18^{\circ}$ ; tandis que si la glace a été bien pilée, il suffit d'agiter de temps en temps pour renouveler le mélange et conserver la température.

422. L'on doit éviter de verser directement un mélange réfrigérant, ou un mélange d'eau et de glace, dans un verre qui n'a pas été refroidi, car on s'exposerait à le briser. Il vaut mieux d'abord introduire dans le verre quelques morceaux de glace qui commencent à le refroidir, et le préparent à recevoir le mélange. Il faut aussi refroidir préalablement, et de la même ma-

nière, les vases qui doivent être plongés dans le mélange réfrigérant.

423. Il est bon de remarquer que tant que le premier verre contient une certaine quantité de glace, l'eau demeure à 0, ou à peu près, et que le mélange contenu dans le second, si on a soin de l'agiter de temps en temps, restera à  $-18^{\circ}$  tant qu'il y aura de la glace et du sel à l'état solide. Mais si l'opération doit continuer assez long-temps pour que la glace des deux mélanges se trouve fondue, il faut préparer un nouveau mélange pour le second vase, avant que la glace ne soit entièrement fondue, et remplacer aussi par de la glace l'eau du premier.

424. Les mélanges réfrigérans absorbent si rapidement la chaleur de l'atmosphère, surtout pendant l'été; que la durée de leur action n'est souvent pas le quart de ce qu'elle pourrait être, si l'on parvenait à les soustraire à cette influence. C'est par cette raison qu'il est extrêmement avantageux, toutes les fois que les expériences doivent être un peu longues, de s'opposer au libre accès de l'air contre les parois des vases qui contiennent le mélange; soit en les entourant d'un morceau de drap ou d'une flanelle sèche, soit encore en les couvrant de plusieurs enveloppes de papier, que l'on fixe au moyen d'un fil. Ces enveloppes doivent être reployées au-dessous du vase, afin d'éviter les courans d'air qui pourraient s'établir entre le papier et les parois latérales; mais il serait inutile de chercher à fermer hermétiquement ces enveloppes. Il est aussi convenable de placer à la partie supérieure du vase un morceau de carton percé pour recevoir les tubes. L'on peut, à l'aide de ces précautions, conserver à la température de  $-18^{\circ}$ , pendant plusieurs heures, de petites quan-

tités de mélanges, même au milieu des chaleurs de l'été.

425. Après avoir pris toutes les précautions que nous venons d'indiquer, on procède à la distillation de l'acide sulfureux. Le gaz se dégageant des substances placées dans la corne, passe d'abord par le tube recourbé maintenu à une température de  $0^{\circ}$ , au moyen du mélange de glace et d'eau. Cette disposition offre plusieurs avantages, en ce que, d'une part, elle condense et retient une grande partie de l'eau que le gaz entraîne; et que de l'autre il prend la température de  $0^{\circ}$ , ce qui rend plus prompte et plus facile sa condensation dans le récipient.

426. Lorsque l'acide sulfureux est arrivé dans le récipient, par l'effet de sa pesanteur, il en déplace bientôt l'air, et se condensant contre les parois qui sont à  $-18^{\circ}$ , il passe à l'état liquide. Mais, comme cette condensation tend continuellement à élever la température du mélange, il est nécessaire d'y tenir toujours un thermomètre, afin de voir si elle reste au degré convenable.

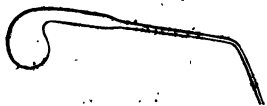
427. Nous engageons à recueillir la substance distillée dans de petits récipients, toutes les fois qu'elle est assez volatile pour que ces basses températures soient nécessaires à sa condensation. De cette manière le refroidissement s'opère plus promptement, et l'on évite la perte de matière qui résulterait de l'emploi d'un trop grand vase; car en général, il faut autant que possible ne recevoir dans un récipient que la quantité précise de liquide que l'on veut soumettre aux expériences subséquentes. Dans ce cas il est nécessaire de changer souvent les récipients, et l'on doit préalablement les refroidir dans le mélange réfrigérant.

428. On emploie fréquemment pour récipients de

petits flacons de verre bouchés à l'émeri; mais en raison de la très-grande épaisseur du fond, il arrive souvent qu'ils se fendent lorsque, contenant un liquide très-volatil, on vient à les déboucher. Cet effet est produit par la vaporisation subite d'une portion du liquide qui abaisse brusquement la température du flacon. Nous décrirons dans la section XVI, des récipiens très-utiles dans cette circonstance.

429. Nous avons décrit avec trop de détail l'appareil dont nous venons de nous occuper, pour qu'il soit nécessaire d'indiquer séparément l'emploi de toutes les parties qui le composent, et les modifications qu'on peut y apporter.

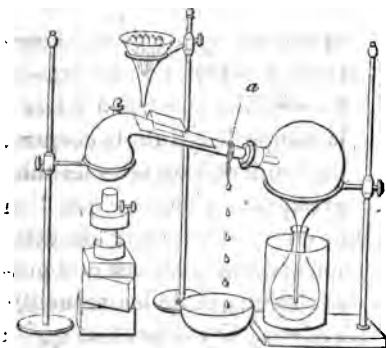
430. Il en est une cependant qui mérite d'être citée, en ce qu'elle peut être très-souvent d'une grande utilité. Elle consiste à étirer à la lampe le col de la cornue, de manière à en faire un tube presque capillaire, que l'on peut courber suivant différentes directions; de cette manière on a la facilité de fractionner autant que possible les produits de la distillation, et de les recueillir dans toute espèce de récipient. Il est évident qu'on pourrait adopter aussi cette disposition pour le tube qui termine l'appareil distillatoire (415).



431. L'appareil pour recueillir l'acide sulfureux ne doit pas être exactement fermé; mais il est quelques circonstances où il est nécessaire de le faire. Ainsi, par exemple, s'il s'agit de déterminer la quantité d'alcool contenue dans le vin, il faut s'opposer à ce qu'aucune portion de vapeur alcoolique échappe à la condensation. Quelques liquides très-précieux, comme l'acide hydrocyanique, exigent aussi qu'on les

recueille avec soin et en totalité. Nous allons donc décrire quelques autres dispositions d'appareils qui peuvent atteindre le but proposé.

432. Supposons qu'on ait l'intention de distiller du vin pour séparer, comme nous l'avons dit, l'alcool des autres principes, et en estimer rigoureusement la quantité; supposons encore qu'à cet effet le liquide ait été introduit dans la cornue avec les précautions nécessaires pour ne pas mouiller le col (404), qu'on y ait ajouté quelques fragmens de platine, et deux ou trois petits morceaux de liège munis de morceaux de feuille du même métal (408). L'on voit dans la gravure



cette cornue adaptée au récipient dont le col effilé descend dans le vase destiné à recueillir le produit de la distillation. Le col de la cornue doit être fort long, afin de servir de réfrigérant, comme nous le dirons plus bas. Il faudra

qu'il ait pour cela seize ou dix-huit pouces de longueur.

La cornue et le récipient sont adaptés l'un à l'autre par un bouchon de liège; il faut autant que possible qu'il y ait une différence assez considérable entre le diamètre du col de la cornue, et la tubulure du récipient, qui doit avoir en général deux pouces de diamètre pour pouvoir servir à la plupart des cornues. L'on y adapte un bouchon percé d'un trou, comme nous



l'avons dit (58), lequel doit être assez grand pour que le col de la cornue s'enfonce dans le récipient, ainsi que cela est indiqué dans la figure. Si le liège est bon, et percé avec précaution, l'ouverture se trouvera hermétiquement fermée; mais on peut cependant, pour plus de sûreté, envelopper le tout avec un morceau de vessie mouillée, que l'on serre fortement au moyen d'une ficelle.

433. Le vase destiné à recueillir le liquide condensé doit être d'une grandeur telle, que l'extrémité du col du ballon descende très-près du fond. Il devra être plongé dans un vaisseau contenant de l'eau, dans laquelle on mettra quelques morceaux de glace, afin de la maintenir à une température de trois ou quatre degrés au plus. Afin d'éviter que l'eau ne soulève le récipient, on l'assujettit au col du ballon au moyen de deux petits coins de bois que l'on passe entre les cols des deux vases; il faut que, dans cette position fixe, l'extrémité du ballon soit à un quart de pouce environ du fond du récipient, qui doit contenir une quantité d'eau distillée suffisante pour que cette extrémité y plonge.

434. Le but de cette disposition est de s'opposer à la déperdition de la petite quantité de vapeur qui aurait pu échapper à la condensation, laquelle doit avoir




lieu dans le col de la cornue, disposé comme nous allons le décrire. On prend une petite quantité de filasse, on la mouille, et on la passe autour du col, à deux pouces environ de sa jonction avec le ballon; l'on fait ainsi dans cette partie une espèce d'anneau; mais on a soin de laisser tomber les bouts de filasse de manière à produire

une mèche de quatre à cinq pouces de longueur. On peut, si on le juge convenable, les tresser ensemble en y ajoutant même d'autres filamens tirés de l'anneau. Il ne doit pas être serré trop fortement contre le verre, et doit être isolé avec soin de la vessie qui garnit le bouchon. On prend alors un morceau de papier à filtrer assez long pour couvrir tout l'espace compris depuis la naissance du col jusqu'à un pouce au-dessus de la filasse. Il faut qu'il soit assez large pour envelopper le col, non pas complètement, mais aux trois quarts environ. Ce papier, appliqué sur la cornue, une fois mouillé, adhèrera fortement au verre, et servira à étendre l'eau sur toute la surface du col de la cornue. Il est évident que le col devra être assez incliné pour qu'aucune portion du liquide qui s'y condensera intérieurement ne retombe dans la cornue.

435. Ce papier recevra l'eau d'un filtre placé dans un entonnoir au-dessus, et tellement disposé que les gouttes tomberont d'un pouce de hauteur environ, à peu de distance de l'extrémité supérieure du papier. L'on évite ainsi que l'eau ne tombe directement ou ne rejaillisse sur la portion chaude de la cornue; elle descendra, en suivant le col, jusque sur la filasse par laquelle elle sera conduite dans une terrine placée au-dessous. Il faut avoir grand soin qu'aucune portion ne passe au-delà, et ne vienne se mêler aux produits de la distillation.

436. Comme il pourrait arriver que l'eau descendit le long du tube sans mouiller entièrement le papier, et



que la portion la plus voisine de l'extrémité du col restât à sec. On dispose un second morceau de papier à filtrer, ployé comme on le voit en *b*, de telle manière que les deux plis inférieurs posent

sur la surface mouillée. Il est évident que le papier venant à absorber l'eau, les deux rebords s'abaisseront, et s'adapteront exactement sur la surface humide à laquelle ils adhéreront; la portion du milieu restera debout en forme de toit, laissant une espace vide entre elle et la surface mouillée; cet espace servira de canal pour l'eau qui tombe goutte à goutte sur le col de la cornue, un peu au-dessus de son ouverture supérieure. Cette disposition est indiquée dans la figure (434). Le col de la cornue se trouve alors toujours suffisamment humecté.

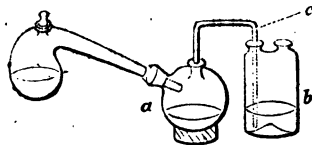
437. Tout étant ainsi disposé pour la distillation, on applique la chaleur, et dès que la partie supérieure s'échauffe il faut commencer à refroidir le col de la cornue, en fournissant assez d'eau pour qu'elle s'écoule en un petit filet de l'extrémité de la filasse. L'on ne doit pas pousser trop fort la distillation; si l'on s'apercevait que la vapeur se précipitât dans le ballon, qu'elle se condensât à la partie supérieure et l'échauffât sensiblement, il faudrait augmenter le filet d'eau ou diminuer le feu.

438. L'on reconnaîtra que la jonction de la cornue et du ballon est parfaite, à ce que l'air, venant à se dilater au moment où on appliquera la chaleur, se dégagera sous forme de bulle par l'orifice inférieur du col du ballon. Cet effet aura lieu jusqu'à ce que tout l'air soit expulsé, et qu'il soit remplacé par de la vapeur. Le liquide condensé se mêlera avec l'eau qui est dans le flacon servant de récipient. La première portion recueillie est très-volatile; mais comme elle se trouve mélangée avec de l'eau, à une température d'environ quatre degrés, on n'a pas à craindre qu'il s'en échappe; à mesure que la quantité de liquide augmen-

tera, l'extrémité du tube plongera davantage, et l'on verra le liquide s'élever ou s'abaisser dans son intérieur, suivant que l'on refroidira plus ou moins le condensateur, ou que le feu sera plus faible ou plus fort. Il pourrait même arriver que la plus grande partie du liquide passât dans le ballon, et permit la rentrée d'une certaine quantité d'air; mais tous ces effets sont sans conséquence sur les résultats, car l'on suppose que le ballon est d'une capacité assez grande pour pouvoir contenir plus que la totalité du liquide contenu dans le récipient, et qu'ainsi aucune partie ne retournera dans la cornue. Lorsque le liquide que renferme la cornue sera réduit environ au sixième, tout l'alcool en aura été séparé, et l'opération pourra être regardée comme terminée. On mettra alors de côté le liquide qui se trouve dans le récipient pour les expériences suivantes.

439. Il est quelquefois nécessaire de tenir chaude une partie du col de la cornue afin d'empêcher les vapeurs de s'y condenser. On y parvient en l'entourant de plusieurs tours de drap ou de flanelle que l'on y fixe légèrement avec une ficelle.

440. Il est quelques cas particuliers dans lesquels on a besoin de recueillir séparément les produits d'une même distillation, dont les uns peuvent être liquéfiés directement par un abaissement de température, les



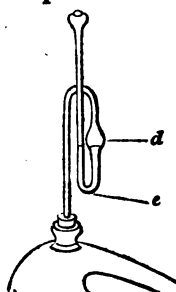
autres condensés à la faveur de l'eau, ou recueillis dans les récipients destinés aux matières gazeuses. L'appareil ci-joint offrira un

exemple d'une distillation de ce genre, que l'on peut supposer être de l'acide nitrique obtenu par la décomposition du nitre, au moyen de l'acide sulfurique. La

cornue qui contient le mélange est adaptée à un ballon tubulé *a*, qui porte un tube recourbé plongeant dans un flacon de Woulf *b*. Le meilleur moyen d'ajuster hermétiquement la cornue et le ballon serait d'user à l'émeri le col de chacun deux, et de les faire entrer l'un dans l'autre à frottement; mais comme on peut rarement appliquer ce moyen on se sert de bouchons de liège percés, et on recouvre ensuite les joints avec un lut de farine de lin, du mastic de vitrier, ou du plâtre de Paris.

441 et 442. Le récipient tubulé *a* doit être parfaitement sec, et le flacon *b* doit contenir assez d'eau pour que l'extrémité du tube puisse plonger dans ce liquide. Ainsi l'on recueillera dans le ballon un produit qui ne sera mélangé d'aucune substance étrangère, et les portions qui auraient échappé à la condensation seront condensées par l'eau, et s'il s'échappe quelques matières gazeuses elles pourront, à l'aide d'un second tube, être recueillies comme nous le dirons.

443. Il est encore quelques précautions à prendre dans quelques cas particuliers comme celui qui nous occupe. L'on voit que lorsque la condensation des

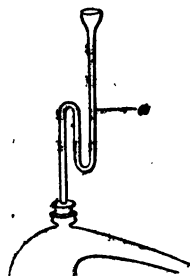


vapeurs contenues dans la cornue et le récipient viendra à s'opérer, le liquide renfermé dans le flacon *b* sera refoulé dans le récipient *a*, et se mélangera avec son contenu, inconvénient que l'on doit chercher à éviter. L'on y parvient au moyen du tube de sûreté de Welter figuré en marge. On le fixe dans la tubulure de la cornue, et l'on y introduit du mercure jusqu'à ce qu'il occupe environ le quart de la boule. Le mercure interceptera par con-

séquent la communication entre l'air et la cornue, et s'éleva dans la branche latérale ascendante à une hauteur dépendante de la pression qui sera exercée dans l'intérieur. Lorsque la condensation se produit dans l'intérieur de l'appareil, l'air extérieur tend à rentrer en refoulant l'eau dans le tube *c* de la figure précédente, et le mercure dans la boule *d* : il rentrera effectivement par celui de ces deux tubes dans lequel la pression sera la moins forte. Il est donc nécessaire que la hauteur du tube *c*, à partir du niveau du liquide, soit au moins quinze fois aussi considérable que la hauteur du mercure, depuis la partie inférieure de la courbe en *c* jusqu'à son niveau dans la boule, lorsqu'il y est presque entièrement passé. Alors l'air pourra rentrer de préférence en soulevant la colonne de mercure.

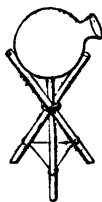
444. Il n'est pas inutile d'observer que quelques bulles d'air rentrant dans l'appareil s'opposent plus sûrement à la condensation ultérieure des vapeurs, que ne pourrait le faire toute l'eau du récipient rentrant par le tube *c*; par la raison que les bulles d'air se trouvent de suite en contact avec la partie la plus échauffée de l'appareil, se dilatent beaucoup, et tendent à rétablir l'équilibre avec la pression extérieure, tandis que l'eau, au contraire, tend à opérer la condensation de la vapeur, non-seulement par le refroidissement qu'elle occasionne dans les vaisseaux, mais encore par la propriété qu'elle a de dissoudre les vapeurs avec lesquelles elle peut se trouver en contact. C'est ainsi qu'il arrive souvent que l'introduction d'une seule goutte d'eau suffit pour déterminer une condensation subite des vapeurs, et l'absorption du liquide dans l'intérieur.

445 et 446. On emploie quelquefois un tube qui remplit l'office du tube de sûreté que nous venons de décrire, et peut servir à alimenter une cornue pendant la distillation. C'est simplement un tube à double cour-



bure, comme on le voit dans la figure, qu'on adapte à la tubulure de la cornue. Lorsqu'on y versera de l'acide, il s'élèvera d'abord dans les deux premières branches à la hauteur de la courbure supérieure, et s'introduira ensuite dans la cornue. La colonne doit être assez élevée pour contenir une colonne de liquide capable de résister à la pression intérieure; elle ne peut pas être moindre de deux fois la longueur de la partie intermédiaire. L'extrémité en doit être évasée en entonnoir; le tube lui-même doit être assez large pour que l'air ne soit pas entraîné avec le liquide.

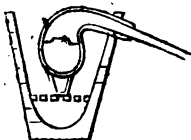
447. Quoique la plupart des supports que nous avons déjà fait connaître puissent servir pour recevoir des cornues de verre, on peut, à leur défaut, faire usage d'un trépied excessivement commode, que l'on se procure facilement en attachant ensemble trois morceaux de bois disposés comme on le voit dans la figure.



448, 449, 450, 451, 452 et 453. Dans les distillations qui demandent une température capable d'occasionner le ramollissement du verre, l'on doit employer des cornues de terre ou de fer; ou bien encore on peut protéger les cornues de verre en les lutant extérieurement (section XVIII). Les cornues de verre luté sont en général préférables à celles de terre, en ce que ces

dernières sont souvent poreuses, et très-sujettes à se briser à de hautes températures, soit pendant qu'on les chauffe, soit en refroidissant. Elles sont aussi préférables aux cornues de métal, qui sont beaucoup plus altérables.

454. Lorsque la cornue lutée est disposée pour la distillation, on la place dans le fourneau en ayant soin que le fond pose sur un support, afin que lorsque le verre sera ramolli par la chaleur, le poids de la partie inférieure ne la fasse pas déformer. L'on peut employer pour support un petit creuset rempli de sable,



placé sur les barreaux de la grille, ou deux barres de fer posées transversalement dans le fourneau. On se sert même quelquefois de petits supports en fer fondu ou forgé de

la forme représentée dans la figure.

455. Les cornues en terre doivent être chauffées et refroidies avec précaution. L'on doit éviter de s'en servir une seconde fois, à cause de la difficulté de s'assurer si elles sont propres intérieurement, et si elles ne contiennent point de fissures capables de livrer passage à l'air. On peut dans ce cas les rendre quelquefois imperméables à l'air en les imprégnant d'une légère dissolution de borax, ou mieux encore, d'un mélange d'une partie de borax et deux de verre, le tout bien pulvérisé et délayé avec une petite quantité d'eau. Ces matières entrant en fusion forment à la surface une espèce de vernis qui s'oppose au passage de l'air.

456, 457 et 458. Il est aussi souvent convenable de luter les cornues de terre, comme celles de verre; et lorsqu'on y a préalablement appliqué le mélange de borax et de verre dont nous venons



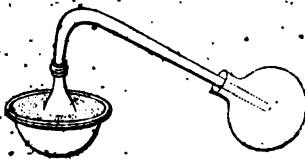
de parler, elles sont absolument imperméables à l'air.

*De la sublimation.*

459. Les appareils sublimateurs sont extrêmement variés, et doivent être appropriés à la substance que l'on veut sublimer. Plusieurs substances, telles que la naphthaline, l'iode, le camphre, le chlorure de carbone, l'acide gallique, etc., pourront être sublimées dans des cornues de verre.

460. Les alambics ordinaires peuvent être aussi employés avec succès à cette opération : leur avantage consiste particulièrement dans la facilité avec laquelle on peut enlever le produit sublimé et le résidu.

461. Les flacons de Florence sont particulièrement employés pour la sublimation des substances qui demandent une température plus élevée que celles dont nous venons de parler, telles que le calomélas, le cinabre, etc. On les place dans un bain de sable dans lequel on les enfonce plus ou moins profondément, selon la volatilité de la substance sur laquelle on opère ;



le produit de l'opération vient se condenser dans la partie supérieure, ou bien est recueilli dans un récipient approprié. On peut encore se servir d'un tube

large, recourbé à l'une de ses extrémités, et rétréci à l'autre de manière à être introduit dans un flacon destiné à recevoir les vapeurs non condensées dans le tube (*voyez la fig.*).

462. Lorsqu'on peut chauffer les flacons de Florence

au bain de sable, il n'est pas besoin de les luter; mais, si on veut les exposer à l'action immédiate du feu, il faut les renforcer d'une couche extérieure d'argile(996).

463. Les sublimations qui ne nécessitent pas une chaleur plus forte que celle d'une lampe à huile, se font très-commodément en mettant la substance dans une capsule ordinaire (344), que l'on couvre ensuite avec une autre capsule contenant de l'eau; les vapeurs qui s'élèvent de la capsule soumise à l'action de la chaleur viennent alors se condenser sur le fond de celle qui sert de couvercle.

Il est quelquefois plus avantageux de se servir de capsules de platine. Ainsi la meilleure manière d'opérer la sublimation de l'indigo est de le placer, après l'avoir pulvérisé, dans une capsule de platine couverte d'une capsule plus grande, et d'y appliquer la chaleur d'une lampe à esprit de vin. Il faut avoir soin que la température de la capsule servant de couvercle ne s'élève jamais au-dessus de 100°; on l'humecte pour cela avec du papier mouillé. Au bout de quelque temps l'indigo se trouve sublimé, et forme une couche de cristaux à la surface inférieure de la grande capsule.

464 et 465. On peut employer les creusets de fer ou de terre pour la sublimation des corps qui n'ont pas d'action sur eux. Dans ce cas, on remplit le creuset, et, après l'avoir couvert d'un vaisseau plus grand pour condenser les vapeurs, on le fait chauffer au bain de sable, ou bien, ayant fait chauffer d'abord le creuset, on le pose sur une brique ou sur une pierre, on y projette la substance, puis on adapte le vase qui doit servir de couvercle.

466 et 467. On peut enfin, dans quelques circonstances, effectuer la sublimation dans des vases de fonte.

## SECTION VIII.

*De la précipitation.*

468. La précipitation est un moyen précieux de séparer les substances les unes des autres; elle consiste à les faire passer de l'état soluble à l'état insoluble en changeant les rapports qui existent entre le dissolvant et la substance en dissolution. Tantôt on y parvient en altérant la nature du dissolvant, comme lorsqu'on ajoute de l'eau à une dissolution de résine dans l'alcool, ou de l'alcool à une dissolution de gomme dans l'eau, tantôt en modifiant la substance en dissolution, comme lorsqu'on verse de l'acide sulfurique dans une dissolution de baryte pour en précipiter la base, ou de l'ammoniaque dans la dissolution d'un sel ferrugineux pour en précipiter l'oxide. La précipitation est souvent employée pour rendre sensible la présence d'un corps, et forme une partie essentielle des procédés d'analyse et des manipulations qui ont pour objet la découverte, la séparation et la détermination des quantités relatives des diverses substances qui composent un corps. Les matières qui déterminent la séparation d'une substance en dissolution et la font paraître à l'état solide, portent en général le nom de *précipitant*, et la substance séparée celui de *précipité*.

469. La plupart des vases employés dans les manipulations, tels que verres (313), bassins (344), flacons en cristal, ballons (346, 347), ont déjà



été décrits; mais il y en a deux qui méritent une mention particulière. L'un est une cloche à pied ayant environ un pouce de diamètre, et deux et demi de hauteur : elle est très-utile pour examiner les précipités formés dans les eaux minérales, ou les dissolutions; on doit donc en avoir un assortiment de deux ou trois douzaines dans un laboratoire. L'autre vase est du genre de ceux connus sous le nom d'éprouvettes de Phillips. Il a la forme d'un cône tronqué, comme on le voit dans la figure; il est surtout avantageux pour la formation des précipités, par la facilité qu'ont les particules solides à tomber au fond du liquide, puisque le précipité, en descendant, ne rencontre aucun obstacle de la part des parois du verre, dont il tend même plutôt à s'éloigner. Il faut en avoir de deux ou trois grandeurs différentes, pouvant contenir, par exemple, deux, quatre et huit onces. Nous avons déjà décrit des vases de cette forme (343).

470. Lorsque dans le courant d'une recherche on a besoin de connaître si une substance en dissolution sera précipitée par certains réactifs, il peut arriver qu'après l'addition de ce réactif la séparation se produise immédiatement : dans ce cas la question est résolue; dans le cas contraire, il ne faut pas la regarder comme décidée négativement, et abandonner le mélange. Mais, après l'avoir laissé reposer pendant quelques heures, on l'examinera de nouveau. Si l'on n'aperçoit aucun signe de précipitation, on devra l'exposer à une chaleur de 100° environ : la précipitation se produira peut-être par cette élévation de température; s'il en était autrement, il faudrait encore attendre que le mélange fût revenu à la température

ordinaire, et l'observer alors pour la dernière fois. Faute d'avoir pris tous ces soins, on a souvent jugé impossibles des précipitations qui auraient pu avoir lieu. C'est ainsi qu'on a souvent regardé comme inexacte la méthode par laquelle le docteur Vollaſton reconnaît la présence de la potasse dans l'eau; ce qui tient uniquement à la précipitation avec laquelle l'opération a été répétée.

471. Les substances capables de produire des précipités dans certaines solutions étant supposées connues, les instructions sur ces sortes de manipulations doivent se borner uniquement à indiquer les précautions à prendre pour obtenir ces précipités, et assurer la séparation complète de la substance en dissolution. Les éprouvettes de Phillips (469) sont, comme nous l'avons dit, les vases les plus convenables pour ce genre d'opération.

472. Il est souvent nécessaire, lorsqu'on verse un précipitant dans une dissolution, d'en ajouter jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'effet produit. Il est facile de juger la formation du précipité aux premiers momens de cette addition; mais lorsque le liquide devient laiteux et épais, l'opérateur ne peut plus reconnaître si les portions qu'il ajoute augmentent ou non le précipité: sitôt que cela arrive, on doit cesser d'ajouter du précipitant, et, après avoir agité le mélange, on le laissera reposer pendant quelques minutes; la partie supérieure du liquide s'éclaircira, et l'on pourra alors en enlever une petite portion, soit en le décantant dans un petit verre (369), soit en y plongeant une tube au moyen duquel on en placera une goutte ou deux sur un plateau de verre (61). Il suffira ensuite d'ajouter un peu du précipitant dans le liquide ainsi séparé, et de re-

marquer s'il s'y produit quelque trouble : si la liqueur n'est pas troublée, c'est une preuve qu'on en avait ajouté suffisamment dans la dissolution. Dans le cas contraire, il faut réunir la portion enlevée à la masse totale, ajouter une nouvelle portion du précipitant, et après avoir agité comme ci-dessus, examiner de nouveau le liquide jusqu'à ce qu'on se soit assuré qu'il ne se produit plus de précipité.

473. Si le précipité ne se sépare que lentement, il n'est pas nécessaire d'attendre que le liquide de la surface soit parfaitement clair ; car, lors même qu'il serait encore opalescent, on peut presque toujours observer l'effet produit par une nouvelle addition du précipitant. Ce n'est que lorsqu'on approche du point où le précipité est en quantité suffisante, que le liquide qu'on essaie doit être parfaitement clair. Lorsque le précipité se dépose rapidement, on n'a pas besoin d'enlever du liquide pour l'essayer séparément ; le liquide étant clair ou à peu près sur une hauteur de un à deux pouces, il suffira pour l'essayer de plonger un tube de verre dans le précipitant, et de le porter ensuite à la surface du liquide ; la petite quantité de réactif ainsi enlevée indiquera, en descendant à travers le liquide clair, si une nouvelle addition est nécessaire.

474. La dissolution contient quelquefois tant de matière à précipiter, qu'avant d'avoir ajouté le précipitant en quantité suffisante, on obtient une masse épaisse, même pâteuse. Dans ce cas, il faut délayer le tout, car non-seulement la partie liquide est en quantité tellement petite, par rapport à la partie solide, qu'elle n'en peut être séparée par les moyens ordinaires, mais, en raison de la consistance du mélange, on n'aurait pas la certitude que le réactif ajouté fût uni-

formément répandu dans toute la masse. Si, par quelques circonstances particulières, on voulait éviter d'augmenter le liquide, il faudrait prendre un peu du mélange, que l'on delaierait dans un petit verre, et qu'on essaierait comme ci-dessus; la quantité d'eau qui sera ajoutée à la masse totale lorsque la partie essayée lui sera réunie ne pouvant être d'aucune importance.

475 et 476. Les précautions que nous venons d'indiquer, relativement à l'addition de précipitant, ne se rapportent qu'aux cas où l'on veut connaître exactement son rapport avec la substance précipitée, ou lorsque le précipitant est précieux, ou enfin lorsqu'un excès de ce dernier rendrait plus difficiles les opérations subséquentes. Si l'on avait en solution un sel de baryte, et qu'on voulût en obtenir l'acide pur en précipitant la base par l'acide sulfurique, le plus petit excès de ce dernier au-delà de la quantité rigoureusement nécessaire pour neutraliser la baryte altérerait l'acide que l'on recherche. Il faut donc dans ce cas ne négliger aucune des précautions ci-dessus citées; et, lorsqu'on approche du point précis de saturation, il est préférable d'étendre d'eau le précipitant (qui dans l'exemple choisi serait l'acide sulfurique), pour être plus sûr de ne pas en ajouter trop à la fois.

477 et 478. Lorsqu'on se sert de baguettes de verre pour agiter des mélanges qui contiennent des substances précieuses ou dont on veut connaître le poids, il faut laver la baguette, et faire tomber le liquide adhérent, puis réunir cette eau à la dissolution, afin de ne rien perdre : ce lavage s'effectue au moyen de la bouteille à laver. Si l'on doit agiter à différentes reprises, il faut dans les intervalles placer la baguette debout, l'extré-

mité inférieure dans un petit verre, et laver ensuite le verre et la baguette comme nous venons de le dire.

479. Il n'arrive que rarement que les précipités aient besoin de la chaleur pour se former ou se séparer, mais, dans quelques cas particuliers, il est très-utile de l'employer; on se sert pour cela de capsules (344), de ballons, etc. (346). L'on peut opérer la précipitation d'une substance dans une capsule, lorsque le précipité doit être immédiatement exposé à l'action de la chaleur; mais si l'on fait usage d'un ballon, il est plus commode de précipiter d'abord dans un verre ou dans une cloche, et de transvaser ensuite le liquide dans le ballon. La chaleur du bain de sable est généralement suffisante pour ces opérations.

480. Quelques précipités présentent des phénomènes particuliers qu'il n'est pas inutile de signaler ici. Le chlorure d'argent, qui se produit en versant du nitrate d'argent dans de l'acide muriatique, se sépare plus facilement en agitant le liquide et le versant à différentes reprises d'un verre dans un autre; il se réunit alors en flocons qui se précipitent immédiatement au fond du vase en laissant le liquide surnageant presque clair; cet effet ne se produirait que beaucoup plus lentement si l'on ne prenait pas cette précaution. Le dépôt se faisant plus promptement lorsque le liquide contient du nitrate d'argent en excès ou un peu d'acide nitrique, il est parfois avantageux d'y en ajouter une petite quantité. La chaleur favorise aussi la précipitation.

481. La chaleur et un petit excès d'acide nitrique, lorsqu'on peut en ajouter sans inconvénient, hâtent encore singulièrement la précipitation du sulfate de baryte.



482. Le bleu de Prusse qui se produit dans les essais qui ont pour but de s'assurer de la présence du fer, se précipitant beaucoup plus promptement dans des dissolutions contenant beaucoup de sels ou d'acides libres, il est avantageux, dans beaucoup de circonstances, d'y ajouter une petite quantité d'acide muriatique.

483. Le carbonate de chaux précipité d'une dissolution par l'addition d'un carbonate alcalin se présente sous un grand volume, mais bientôt il prend un aspect pulvérulent, et tombe rapidement au fond du verre: la chaleur hâte cet effet. La dissolution dont on veut précipiter la chaux à l'état de carbonate ne doit pas contenir d'acide en excès; car il se dégagerait beaucoup d'acide carbonique lorsqu'on viendrait à verser le précipitant. Si le liquide se trouvait à une basse température, une partie du carbonate de chaux resterait en dissolution: cette portion, il est vrai, se séparerait en chauffant, mais elle se déposerait sur les parois du vase, d'où il serait quelquefois difficile de l'enlever. Il vaut donc mieux en général ajouter d'abord de l'alcali pour neutraliser l'excès d'acide, et ne verser le carbonate qu'après. On fait ordinairement usage pour cela de l'ammoniaque ou du carbonate de cette base.

484. Quelques métaux sont parfois séparés à l'état métallique de leurs dissolutions par d'autres métaux. C'est ainsi que l'argent est réduit par le cuivre, le cuivre par le fer, le plomb par le zinc, etc. Dans tous ces cas, il convient de laisser à la dissolution un peu d'acidité, c'est pourquoi l'on y ajoute ordinairement une petite quantité de l'acide avec lequel le métal est combiné. Lorsque l'argent est précipité de sa dissolution dans l'acide nitrique, l'excès de cet acide augmente la rapidité de l'action par suite de l'effet élec-

trique qui se produit aussitôt que l'argent a commencé à se précipiter, et tend en même temps à empêcher toute précipitation du cuivre sur l'argent, ainsi que la séparation de l'oxide de cuivre. Le fer est le métal le plus convenable pour la précipitation du cuivre de ses dissolutions dans l'acide sulfurique. L'excès d'acide n'a qu'une action très-faible sur le cuivre précipité, et retient très-fortement le fer en dissolution. Le zinc réduit facilement le plomb, quel que soit le sel soluble de ce métal avec lequel on le mette en contact; l'excès d'acide n'est nécessaire dans cette circonstance qu'autant que la dissolution est peu concentrée: on peut ajouter alors un peu d'acide nitrique ou d'acide acétique.

485. Le docteur Wollaston a donné un très-beau procédé pour réduire un métal par un autre, ou plutôt par deux autres, en les soumettant à l'action d'un courant voltaïque. Ce procédé sera décrit section XVII, lorsqu'il sera question de l'électricité (979).

---

## SECTION IX.

*Filtration, décantation, lavage, séparation  
des liquides.*

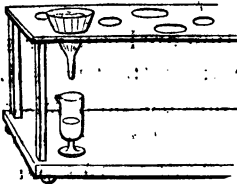
486. La filtration est une opération purement mécanique. On ne peut l'effectuer que lorsque les substances à séparer sont insolubles l'une dans l'autre; et, dans presque tous les cas, il faut que l'une d'elles soit à l'état liquide, et l'autre à l'état solide. Elle a l'avantage de n'apporter aucun changement chimique dans les corps que l'on soumet à son action. Cette opération peut être considérée comme le complément de la précipitation.

487. La filtration est une opération analogue par sa nature au tamisage. On l'exécute en mettant les substances dans une enveloppe assez poreuse pour laisser passer une substance, mais assez serrée pour retenir l'autre. Ainsi qu'on l'a déjà dit, les substances à séparer sont ordinairement l'un liquide, l'autre solide; c'est pourquoi le filtre doit être fait avec des corps perméables aux liquides. On fait usage, suivant les circonstances, de papier non collé, de tissus, de flanelle, de filasse, d'éponge, de sable, de verre pulvérisé, de silex, de pierres poreuses, de poterie de grès, et de plusieurs autres substances; mais la première est presque exclusivement celle dont on fait usage dans les laboratoires, les autres n'étant employés que dans quelques circonstances particulières.

488. Les filtres en papier ont toujours besoin d'être soutenus par des entonnoirs. Les entonnoirs qui servent dans les laboratoires pour transvaser des liquides sont très-convenables à cet usage. Ils peuvent être, soit en terre, en porcelaine, ou en grès; on donne la préférence à ceux en verre, parce qu'on peut mieux suivre les progrès de la filtration, et s'assurer de l'état du filtre. On ne doit jamais se servir d'entonnoirs en métal dans un laboratoire.

489. Les verres à précipitation et à expérience (169), et les cloches (343), déjà décrites, sont les seuls vases de verre dont on ait besoin dans ces cas.

500. On place souvent les entonnoirs, dans lesquels sont les filtres, immédiatement sur le verre ou la cloche qui doit recevoir le liquide filtré, ou bien on les soutient à l'aide d'un support de cornues. Mais cette opération se répète si fréquemment, qu'un laboratoire doit



toujours être pourvu d'un support à filtrer d'une grande dimension (9). La figure ci-contre représente l'extrémité d'un support de ce genre. Il doit avoir quinze pouces de large, trois ou quatre pieds de long, et présenter entre les deux tablettes un espace d'un pied. La tablette supérieure est percée de plusieurs trous circulaires à six pouces de distance, et de différens diamètres, depuis un pouce et demi jusqu'à trois pouces. Entre ceux-ci on en pratique deux ou trois autres d'un demi-pouce de diamètre. Le tout doit être assez solide pour supporter des poids considérables, le dessus servant souvent comme une table pour y déposer des vases remplis de dissolutions.

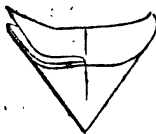
501. Le beau papier à filtrer est difficile à trou-

ver; son importance est cependant assez grande pour qu'on ne néglige rien pour s'en procurer. Il doit, quoique poreux, être assez solide, ne pas renfermer de substances étrangères, et ne point laisser de résidu après sa combustion.

502. Les papiers les plus convenables sont le papier brouillard, et les papiers blancs fins non collés. On juge de sa porosité, ou de son collage plus ou moins fort, en le portant sur la langue, et observant s'il en absorbe plus ou moins facilement l'humidité.

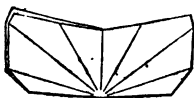
503. Le meilleur moyen de juger de la pureté du papier est de le brûler, et d'en examiner les cendres: il sera d'autant plus convenable pour faire des filtres, qu'il en fournira moins. Une demi-feuille ne doit pas en donner plus d'un grain et demi à deux grains; si elle en produit davantage, il faut s'assurer de la quantité de matières solubles qu'elles contiennent, afin d'être prévenu d'avance des impuretés qu'il pourrait céder aux dissolutions dans des expériences délicates. Dans des recherches minutieuses, on a souvent occasion de s'apercevoir de la présence de l'acide sulfurique provenant du sulfate de chaux qui se rencontre dans le papier à filtrer.

504 et 505. Il faut avant de préparer un filtre examiner attentivement si le morceau de papier ne contient pas de trous. Le filtre le plus simple se fait en ployant un carré de papier deux fois dans des directions perpendiculaires, de manière à amener les quatre coins les uns sur les autres; en séparant alors un des coins des trois autres, on obtient une cavité en forme de cône irrégulier. Comme l'adhérence du papier, sur les parois de l'entonnoir, oppose



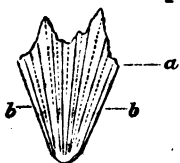
promptement un obstacle au passage du liquide, l'opération se trouve retardée. Pour obvier à cet inconvénient, on a proposé différentes dispositions qui ont pour but d'empêcher le contact du filtre et de l'entonnoir, afin de laisser des issues libres pour le liquide. Laveisier recommandait d'employer des baguettes de verre, placées le long de l'entonnoir, avant d'y mettre le filtre. Dans le même but on s'est servi de brins de paille; il est certain qu'on ménage ainsi de petits canaux par lesquels le liquide s'écoule facilement. Quelques chimistes font usage d'entonnoirs cannelés; mais il est difficile de donner à ces cannelures assez de profondeur pour que le papier ne les remplisse pas bientôt, et n'y demeure pas adhérent; alors elles deviennent absolument inutiles.

506. Le meilleur moyen est de ployer le papier de manière à ce que les cannelures soient formées par les plis eux-mêmes. A cet effet, après avoir doublé le papier, ou l'avoir repleyé sur lui-même, chaque moitié est pliée en quart, et chaque quart en huitièmes, les plis étant tous du même côté, et disposés en rayons.



La figure représente le papier double, divisé ainsi en huit parties. Chaque huitième doit être ensuite divisé par moitié par un pli en sens

inverse, mais partant toujours du centre; le papier, ainsi préparé, a la forme d'un éventail, ainsi qu'on le voit dans la figure ci-jointe. Il faut alors couper les angles saillans à peu près en *a*, après quoi on le déploie, en séparant d'abord les plis les uns des autres, mais sans déformer les arêtes qu'il présente dans sa longueur. Le papier



se trouve ainsi divisé en parties égales formant des angles alternativement rentrants et saillans, excepté aux deux bords *bb*, où deux angles saillans se trouvent contigus. L'espace compris entre ces deux angles doit être ployé en amenant les deux arêtes l'une contre l'autre, et serrant le papier jusqu'au bas, de façon à former entre elles un angle rentrant; on en fera autant



de l'autre côté. Donnant alors à la pointe la forme convenable, en faisant ressortir la partie qui pourrait être ployée en dedans, le filtre est achevé, et il ne reste plus qu'à le placer dans un entonnoir. On en voit la figure ci-jointe.

507. Lorsqu'on fait un filtre, il faut avoir soin de ne pas ployer le papier jusqu'à la pointe, mais de s'arrêter à un demi pouce environ au-dessus (voyez la dernière figure), car sans cela cette partie serait tellement éraillée par la réunion de ces plis, qu'elle ne serait plus capable de supporter la pression du liquide. Les angles du filtre doivent être distincts et aigus; il faut produire cet effet par une seule pression et sans passer les doigts à plusieurs reprises. Il ne doit présenter dans toute son étendue aucun faux pli. Il faut toujours manier le filtre légèrement, et ne jamais l'ouvrir plus qu'on le voit dans la dernière figure. Il vaut mieux conserver les plis serrés et le filtre aussi réuni que possible, l'enfoncer légèrement dans l'entonnoir, et laisser au liquide qu'on y verse le soin de l'ouvrir. Lorsque le filtre a été bien fait, les angles extérieurs des plis, quand il sera étendu par le liquide, s'appuieront sur les parois de l'entonnoir à égales distances les uns des autres, excepté aux deux côtés opposés où se

trouvent de plus petites divisions, et à moins qu'on ne le charge beaucoup, les angles à la partie supérieure resteront presque aussi aigus qu'avant l'introduction du liquide.

508. On distingue les deux espèces de filtres dont nous venons de parler par les noms de filtres *unis* et de filtres à *plis*; les uns et les autres ont leur utilité spéciale, suivant les cas. Lorsque l'on a en vue de purifier et d'éclaircir le liquide seulement, on y arrive plus promptement et mieux avec un filtre à plis; mais si c'est au contraire le précipité sur lequel on veut agir, il est souvent préférable de ne pas l'étendre sur la surface irrégulière et très-grande d'un pareil filtre, un filtre uni le retient sur une surface de moitié moins d'étendue. L'uniformité d'épaisseur qu'il présente d'ailleurs dans toutes ses parties rend le lavage plus facile; et le filtre étant ouvert, le précipité se trouve étendu en une couche égale, sans être divisé en plusieurs parties comme dans un filtre à plis.

509. Si on pensait qu'un seul filtre fût trop faible pour soutenir la masse de liquide qu'on veut y verser, on pourrait en employer deux. Lorsque l'on fait usage de deux filtres à plis, il faut les faire ensemble en prenant un papier double; mais si l'on se sert de filtres unis, on les fera séparément, on les mettra l'un dans l'autre, en ayant soin que les trois épaisseurs de papier du premier soient en contact avec la simple épaisseur du second. On peut quelquefois renforcer le fond du filtre qui, n'étant pas soutenu par le verre, doit supporter la plus grande colonne de liquide, sans cependant retarder la filtration à la partie supérieure, où elle doit être le plus libre possible, on place pour



cela dans le fond de l'entonnoir un très-petit filtre dans lequel on introduit la pointe du plus grand, à laquelle elle sert de support.

510. Le filtre et l'entonnoir étant prêts et placés dans l'un des trous dont il a été question (500), au-dessus d'un verre destiné à recevoir le liquide, on y versera le mélange que l'on veut filtrer. Il faut éviter de le jeter de trop haut dans le centre du filtre, et le verser sur les côtés de celui-ci, en diminuant autant que possible le choc qu'il produit en tombant; il convient pour cette raison, de le faire couler le long d'un tube (369). Lorsque la première portion de liquide qui passe n'est pas claire, il faut la remettre dans le filtre, et changer le récipient. Les matières solides, en s'appliquant contre les pores du papier, ne tarderont pas à rendre le produit filtré parfaitement limpide; mais il est des cas particuliers où l'on est obligé, comme par exemple lorsqu'on veut séparer de l'oxide d'étain, d'employer un double filtre. On ne doit placer sous un filtre que des vases qui puissent, dans le cas où il viendrait à rompre, recevoir tout le liquide qu'il contient. Cet accident arrive rarement, mais encore faut-il le prévoir.

511. Lorsqu'il est nécessaire de laver la substance que l'on sépare au moyen du filtre, il n'est pas indifférent de verser tout à la fois ou par petites parties, la liqueur qui tient le précipité en suspension. Dans le premier cas, le précipité se dépose sur le filtre en couche molle, présentant dans le milieu une cavité profonde. Dans le second, au contraire, cette cavité disparaît par l'addition successive de la matière, et l'on n'a pas par conséquent autant de facilité pour opérer le lavage que dans le premier cas.

512. Il ne faut jamais perdre de vue que le lavage d'un précipité humide qui remplit la majeure partie de la capacité du filtre ne peut se faire qu'après un temps fort long, si l'on se contente de faire passer de l'eau à travers; car le liquide s'échappera toujours de préférence par les endroits qui offriront le moins de résistance à son passage, et ne se répartira pas également dans toute la masse.

513. Il convient, lorsque le lavage doit être long, d'employer un entonnoir plus grand que le filtre, afin de pouvoir y adapter un couvercle qui s'oppose à l'évaporation.

514. Il est parfois nécessaire d'humecter le filtre avant d'y verser la dissolution, particulièrement lorsqu'on veut filtrer des dissolutions aqueuses de matières végétales épaisses et adhérentes; il en est de même pour les dissolutions de sucre. Pour la filtration des teintures végétales alcooliques, il faut préalablement mouiller le filtre avec de l'alcool pur. Les huiles fixes, les huiles essentielles, celle de naphte et autres corps semblables, mélangés avec l'eau ou des solutions aqueuses dans lesquelles ils ne sont pas solubles, peuvent en être séparés par le filtre, en mouillant d'abord celui-ci avec de l'eau pure; dans quelques cas rares, une substance peut être séparée d'un autre au moyen du filtre, en imbibant celui-ci avec l'une d'elles.

515. Il est quelques substances qui filtrent mieux à chaud qu'à froid; telles sont les huiles en général, et certaines dissolutions; d'autres, comme le beurre de cacao et le suif, exigent nécessairement une température un peu élevée. Il faut alors prendre toutes les précautions convenables pour que l'entonnoir conserve la chaleur donnée à la substance, en l'entourant

d'une enveloppe de laine, en le plaçant avec son récipient sur le bain de sable, et en recouvrant le tout d'une boîte qui forme comme une espèce d'étuve.

\*516. Dans les filtrations d'alcool ou de dissolutions alcooliques, il faudra, après avoir mis le filtre dans l'entonnoir, le couvrir, comme on l'a dit ci-devant; afin de prévenir autant que possible l'évaporation. Dans les opérations analytiques, le filtre doit être également couvert, afin d'empêcher tout dépôt des substances à la partie supérieure. Les couvercles ne doivent jamais toucher le filtre, mais reposer sur les bords de l'entonnoir.

517. Lorsqu'on opère sur de petites quantités, il faut ne se servir que de très-petits filtres, afin qu'il y ait moins de liquide d'absorbé. Dans tous les cas, il faut toujours disposer l'entonnoir de manière à laisser une issue à l'air qui se trouve chassé du récipient, par l'introduction du liquide.



518. Pour les opérations que nous venons de décrire, la bouteille à laver (372) sera d'un grand secours, surtout si l'on agit sur des filtres et des précipités peu considérables. Indépendamment de la bouteille à laver, il en est une autre dont l'usage est recommandé par M. Berzélius; elle diffère de la précédente, en ce que le bouchon ne porte point d'échancrure, et qu'il ferme au contraire très-hermétiquement; le tube qui le traverse est d'un diamètre intérieur très-petit. La bouteille étant remplie d'eau à moitié ou aux deux tiers, on la renverse, et en soufflant par le tube dans cette position, l'on comprime l'air dans la partie supérieure; sous l'influence de cette pression, le liquide s'échappe par le tube en un filet très-mince avec une

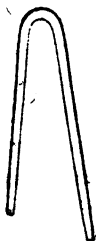
vitesse plus ou moins grande. Ce filet, dirigé contre les différentes parties du filtre, en détache le dépôt, et le rassemble dans la partie inférieure.

519. Quand on a besoin d'un filtre tellement grand que le papier seul ne serait pas assez fort pour supporter le poids du liquide, on attache un morceau de drap à un châssis carré en bois léger, de manière à ce qu'il ne soit pas tendu; on place dessus une feuille de papier à filtre, puis on passe le liquide.

520. Si l'on ne veut séparer du liquide que quelques impuretés très-apparentes, la filtration s'effectuera plus promptement en plaçant dans le fond de l'entonnoir un peu d'étoupes ou un morceau d'éponge légèrement pressé. Lorsqu'on a besoin de filtrer des acides, il faut les passer sur des fragmens de verre, disposés à peu près comme nous l'avons dit en parlant de la lixiviation (387).

521. Il est une autre manière de séparer un liquide des matières solides qu'il tient en suspension, c'est de laisser déposer celles-ci avant d'enlever le liquide. Ce procédé, qu'ont recommandé Lavoisier et Berzélius, est, dans quelques expériences d'analyse, bien préférable à la filtration.

522. Il convient dans ce cas de se servir d'un vase à bec (343, 369), au moyen duquel on verse directement le liquide, ou mieux encore, d'employer le siphon ordinaire dont on connaît la forme et l'usage.



523, 524 et 525. Le lavage par décantation est bien

plus aisé et plus parfait que celui par filtration ; mais il exige une plus grande quantité d'eau. Il consiste à décantier le liquide surnageant le précipité, et à le remplacer par de nouvelle eau dans laquelle on le délaie de nouveau. On laisse ensuite déposer cette eau que l'on décante, et l'on recommence l'opération jusqu'à ce que l'eau n'entraîne plus rien de soluble.

526. Lorsque la substance a été suffisamment lavée et qu'elle n'est plus couverte que d'une petite couche de liquide, il faut, suivant les circonstances, la remettre dans une capsule pour le faire évaporer (comme on le verra section XI), ou bien la jeter sur un filtre pour achever de séparer le liquide, ou enfin enlever celui-ci avec du papier brouillard (69). Ce dernier procédé s'applique surtout aux substances qui se précipitent rapidement et sous un petit volume, tels que le chlorure d'argent, l'oxide de cuivre, le carbonate de chaux, le sulfate de baryte, etc.

527. Il est encore quelquefois très-commode d'opérer la décantation au moyen d'un siphon fait avec quelques brins de coton que l'on humecte, ou avec un morceau de papier plié et recourbé. Lorsque, dans une capsule qui contient un mélange de fluide et de matière solide, on fait plonger l'extrémité du coton ou d'un morceau de papier de manière que l'extrémité qui est hors de la capsule descende plus bas que l'autre, le liquide s'écoule par cette sorte de syphon, et la matière solide demeure à sec.

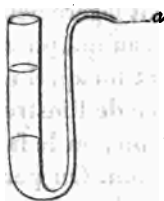
528. Le lavage de certains corps exige les mêmes précautions que nous avons recommandées pour assurer une séparation plus prompte des précipités (480, 483). Ainsi le bleu de Prusse doit toujours être lavé avec de l'acide muriatique étendu d'eau (482), et

le sulfate de baryte avec de l'eau aiguisée d'un peu d'acide nitrique et à chaud, si cela est possible.

529 et 530. On rencontre des circonstances dans lesquelles il faut séparer des liquides qui ne sont pas susceptibles de se dissoudre mutuellement. Quelques-unes de ces séparations ne présentent aucune difficulté, surtout quand les matières sont de peu de valeur; mais d'autres, au contraire, exigent de grands soins, soit parce que les matières sont précieuses, soit à cause de leur nature dangereuse. Il a déjà été question d'une séparation de ce genre par filtration (514). Dans d'autres cas, il suffit de verser les liquides dans un entonnoir humide, fermé par le bout avec un bon bouchon, et de les laisser reposer sur le support à filtre jusqu'à ce qu'ils se soient séparés; en retirant ensuite légèrement le bouchon, on sépare entièrement le liquide inférieur du liquide supérieur. Les entonnoirs à robinet sont principalement destinés à cet usage.

531. Un autre instrument fort commode est celui qu'on désigne sous le nom de pipette; c'est un tube de verre au milieu duquel on a soufflé à la lampe une boule, et dont on a effilé une des extrémités afin d'en rétrécir l'ouverture. En enfonçant cette partie dans le liquide, et aspirant avec la bouche par l'autre bout, afin de faire du vide, le liquide s'élève dans l'intérieur, et le remplit bien-tôt; appuyant alors le doigt sur l'ouverture supérieure, on retire la pipette, et l'on vide la liqueur dans un autre vase.

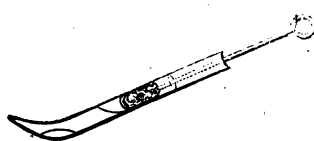
532. On peut encore faire un instrument fort commode pour séparer de petites quantités d'un liquide précieux, avec un morceau de tube de verre d'environ un tiers ou un quart de pouce de diamètre.



Il suffit d'en étirer une partie à la lampe, de manière à la rendre capillaire près de la courbure, comme on le voit dans la figure. Après avoir fermé à la lampe l'extrémité *a*, on verse dans le tube les liquides mélangés, et on les laisse se séparer par le repos; si l'on brise alors l'extrémité *a*, et qu'on incline

le tube, les liquides sortiront l'un après l'autre. Cette séparation se fait encore avec plus de facilité lorsqu'on place le bec *a* contre la paroi du récipient, de manière à produire, non une suite de gouttes, mais un petit filet continu.

533. Enfin les seringues en verre offrent aussi un moyen commode de séparer des liquides. Un instrument de ce genre, semblable à celui représenté dans la figure, peut, par exemple, être fort utile dans les opérations sur l'azotane (1).



L'étoupe dont est recouverte la tige qui forme le piston, étant humectée d'eau, suffit pour intercep-

ter l'air; on peut même, lorsqu'il n'y a pas d'inconvénient, laisser en dessus et en dessous une légère couche d'eau. Lorsqu'on approche le bout de la seringue des globules d'azotane, et qu'on tire le piston, la substance entre dans la seringue, et l'on parvient à en tirer plusieurs globules en tenant l'instrument dans la position qu'on lui a donnée dans la figure. On peut ensuite la transporter dans d'autres vases, et même la faire sortir par le bec, totalement privée d'humidité.

(1) Brande, *Manual of Chemistry*, i. 358.

A cet effet, renversant la seringue le bec en bas sur une feuille de papier à filtrer, et poussant légèrement le piston, l'on fait sortir d'abord toute l'eau qui pourrait se trouver au-dessous de l'azotane, et lorsqu'il ne reste plus que ce dernier, portant le bec de l'instrument dans un vase préparé pour le recevoir, on le fait écouler en continuant de pousser le piston. On peut de la même manière séparer d'autres liquides pesans du liquide qui les surnage; mais lorsqu'on se sert de l'instrument pour des liquides légers, il faut remplacer par une bulle d'air la portion d'eau qui, dans le premier cas, peut se trouver au-dessous du piston.



## SECTION X.

*De la cristallisation.*

534. La cristallisation est une des opérations les plus utiles et les plus importantes du laboratoire. Elle nous fournit, dans beaucoup de cas, les moyens d'obtenir les corps à l'état de pureté. C'est ainsi que la cristallisation de carbonate de soude produit un sel pur au moyen duquel on peut obtenir la soude à son plus grand état pureté, et que l'acétate et le nitrate de la même base peuvent fournir cet alkali également pur. C'est par la cristallisation du bi-carbonate de potasse, du bi-tartrate et du nitre, que la potasse se trouve dégagée des autres alkalis ou des terres qui l'accompagnent. Le sulfate de magnésie, le sulfate de nickel, le nitrate de baryte cristallisés donnent ensuite la magnésie, l'oxide de nickel et la baryte à l'état de pureté; enfin, après avoir fait cristalliser le nitre et le sel marin, on parvient à en extraire aussi purs que possible les acides qu'ils renferment. Un avantage non moins précieux de la cristallisation résulte des formes constantes et déterminées, des caractères particuliers qu'elle imprime aux différens corps; ce qui offre au chimiste la facilité de les reconnaître, de les distinguer et de les séparer lorsqu'ils sont mélangés les uns avec les autres.

535. La cristallisation s'opère toujours en rendant mobiles les particules d'un corps solide par la dissolution, la fusion ou la vaporisation. Il ne faut pas cepen-

dant en conclure que ces moyens soient les seuls qui puissent faire prendre aux corps des apparences cristallines, car il existe plusieurs faits qui suffisent pour démontrer qu'un corps peut quelquefois passer à l'état cristallisé sans dépouiller pour cela l'état solide. La cristallisation du basalte par le refroidissement, comme l'ont prouvé les expériences de M. Watt (1), celle du verre échauffé, du sucre candi, et même les changements spontanés qui, en peu d'années, rendent fragile le fil de laiton, sont des effets de ce genre qui viennent à l'appui de notre remarque.

536. La cristallisation des dissolutions aqueuses s'opère de deux manières, par le refroidissement d'une dissolution chaude, ou par l'évaporation lente d'une dissolution froide. Le premier moyen est sans contredit le meilleur, mais il faut pour l'exécuter que la substance soit plus soluble dans l'eau chaude que dans l'eau froide, puisque la première condition est d'avoir une dissolution chaude assez saturée pour déposer des cristaux en reprenant la température ordinaire. L'on peut y parvenir à l'aide des moyens indiqués (1352), ou faire évaporer une dissolution froide jusqu'à ce que la substance cristallisable s'y trouve en quantité suffisante. (*Voyez section XI, Evaporation.*) Un moyen facile de s'assurer si la dissolution est assez saturée est d'en porter une goutte sur un plateau de verre avec une baguette de même matière (61), et d'observer s'il s'y forme des cristaux à mesure que la température s'abaisse (353).

537. Lorsque la dissolution est bien saturée, on la filtre s'il est nécessaire, puis on la laisse refroidir sans

(1) Phil. Trans., 1804, p. 28a.

toucher; plus le refroidissement est lent, plus les cristaux sont volumineux. Cette opération se fait dans des poêlons, des capsules ou tout autre vase convenable, suivant la quantité et la nature de la substance. On doit cependant faire attention à la forme, et n'employer des vases peu profonds que lorsqu'on veut obtenir une couche de cristaux en très-peu de temps; dans ce cas, on laisse le tout à découvert. En général, le liquide doit avoir une profondeur du tiers ou de la moitié du diamètre de la surface. Il faut de plus couvrir le vase, sans quoi il se formerait par l'évaporation une croûte de cristaux à la surface supérieure qui altérerait la régularité des autres. Pour rendre le refroidissement plus lent, l'on recouvre le tout d'un morceau de flanelle ou de drap, ou même d'un cône de papier.

Il est à remarquer qu'une dissolution très-saturée, refroidie rapidement, agitée pendant le refroidissement, produit une cristallisation confuse, irrégulière, ne présentant que des cristaux fort petits, tandis qu'avec une dissolution modérément saturée, refroidie graduellement sans agiter la liqueur, la cristallisation est régulière, et fournit des cristaux gros et distincts. L'expérience seule peut apprendre de quelle manière et dans quelles proportions chaque substance veut être traitée.

538 et 539. Pour opérer la cristallisation par une évaporation spontanée, il faut que la dissolution soit saturée à la température ordinaire; et, ce point obtenu à l'aide des moyens indiqués (352), il faut donner au liquide une plus grande surface que dans le premier cas; l'on se sert alors de capsules connues sous le nom de capsules d'évaporation. On met la dissolution dans

un endroit sec et exposé à un courant d'air, afin que la vapeur qu'elle dégage puisse être emportée facilement; on l'y laisse pendant un espace de temps assez considérable. Il faut en outre avoir soin que la capsule soit à l'abri de la poussière, ou de toute autre impureté, puisqu'elle doit rester découverte; ou bien étendre dessus un linge sec, ou une feuille de papier à filtrer, mais cette précaution retarderait beaucoup l'évaporation.

540. C'est par l'évaporation spontanée qu'on obtient les plus gros cristaux. Parmi les premiers formés on choisit les plus parfaits, que l'on remet dans la dissolution; ils augmentent de volume à mesure que l'évaporation avance, et finissent par devenir d'une grosseur considérable. Il faut les retourner tous les jours, afin qu'ils puissent croître également sur toutes leurs faces.

541. Il est un procédé qui tient le milieu entre les deux qu'on vient de décrire, auquel on peut souvent avoir recours avec avantage. Il consiste à placer le soir, sur un fourneau dont le feu s'éteint, une dissolution à moitié saturée que l'on met sur un bain de sable, et qu'on laisse ainsi jusqu'au lendemain matin. L'évaporation se trouve d'abord un peu activée; et, comme en même temps la température s'abaisse très-lentement, on obtient souvent dans un temps assez court une masse considérable de très-beaux cristaux. Le premier procédé est cependant préférable pour la plupart des sels, comme l'acétate de plomb, le sulfate de soude, le nitre, etc., qui fournissent de cette manière de très-belles cristallisations. Il n'est que quelques substances, telles que le sel commun, le borax, le sel de la Rochelle (1),

(1) Tartrate de potasse et de soude. — A. B. —

le sulfate de potasse, etc., pour lesquelles le second procédé conviendrait mieux.

542. Un procédé très-curieux, et qui peut être utile dans quelques cas, consiste à transformer plusieurs petits cristaux en un seul de plus grande dimension. Le docteur Wollaston, de qui je le tiens, a bien voulu m'autoriser à en donner ici la description. Si, par exemple, l'on fait évaporer dans un verre de montre un peu de sulfate de nickel en dissolution avec un léger excès d'acide, la dissolution en refroidissant abandonnera une foule de petits cristaux; laissant alors le tout pendant plusieurs semaines, dans un lieu soumis à l'influence atmosphérique, l'aspect de la masse changera peu à peu, les petits cristaux disparaîtront, les plus gros augmenteront de volume, et enfin il n'en restera plus que quelques-uns, ou même un seul fort gros. Cet effet est dû à la plus grande étendue de surface que présentent les petits cristaux comparativement à leur masse; en sorte que, lorsque par une légère élévation de température le pouvoir dissolvant du liquide se trouve augmenté, les petits cristaux se dissolvent dans un rapport plus grand que ceux qui sont plus gros, tandis que par l'abaissement de la température le dépôt est le même sur tous. De cette manière, les petits cristaux finissent par se fondre entièrement, tandis que les autres augmentent en volume. On obtient ainsi très-souvent la séparation des matières étrangères, plus de perfection dans la forme, et un cristal plus gros que par tout autre moyen. Le même effet se produit aussi quelquefois avec des dissolutions renfermées dans des flacons, telles sont, par exemple, les dissolutions d'acide oxalique, de nitrate de mercure, d'acétate de plomb, etc.

543. Pour les substances insolubles dans l'eau, et

même pour quelques-unes de celles qui peuvent s'y dissoudre, il faut avoir recours à d'autres dissolvans. La cristallisation de la potasse, de la cholestérine, de l'urée, du sucre, etc., peut s'effectuer au moyen de leur dissolution dans l'alcool. La cristallisation des substances en dissolution alcoolique s'obtient le plus souvent par l'évaporation spontanée; mais quelquefois cependant on introduit la dissolution dans une cornue, pour retirer par distillation une partie de l'alcool; alors on laisse ordinairement refroidir et cristalliser le reste du liquide dans le vase distillatoire. On peut employer encore l'éther sulfurique, l'essence de térébenthine, et l'éther acétique, lorsqu'on opère sur des substances inconnues, afin de découvrir quelques caractères qui puissent servir à les faire reconnaître.

544. C'est ici le lieu d'indiquer l'influence qu'exerce la présence d'une substance sur la forme des cristaux et la cristallisation elle-même d'une autre substance. Ainsi les cristaux de nitre, provenant d'une dissolution fortement imprégnée de sel commun, offrent une surface inégale, ou recouverte d'une foule de petits cristaux non adhérens, au lieu de former une masse compacte. Le sel commun, lorsque sa dissolution contient de l'urée, ou qu'on le fait cristalliser dans l'urine, cristallise en octaèdres. Le même effet se produit encore, quoique plus imparfaitement, lorsqu'il cristallise à la surface d'une dissolution par évaporation. La forme cristalline de quelques substances éprouve encore des changemens lorsqu'elles cristallisent dans des infusions animales ou végétales. Un exemple très-remarquable de cet effet, et que nous devons signaler, à cause de la grande différence qu'il produit dans les apparences physiques de certains sels, quoiqu'il doive se présenter

rarement, est ce qui arrive quand on fait agir de l'acide sulfurique concentré sur les produits de la distillation ou de la décomposition de l'huile. Si l'on mélange avec huit ou dix parties d'acide sulfurique concentré une portion de la matière que l'on obtient en comprimant le gaz de l'huile, il y a production d'un liquide noir : ce liquide étendu d'eau, filtré, et converti par l'addition du carbonate de potasse en sulfate de potasse, donne naissance à un sel qui, cristallisé, présente une apparence nacré et étailleuse, et n'a aucun des caractères extérieurs du sulfate de potasse : toute la différence ne provient cependant que de la présence d'une substance étrangère qui n'est quelquefois mêlée au sel que dans la proportion de un ou deux centièmes. Cette même substance a encore une influence plus marquée sur les cristaux de sulfate de cuivre, et affecte aussi la forme de la plupart des substances salines.

545. On ne peut pas toujours effectuer la séparation des sels par la cristallisation. Les cristaux qu'on obtiendra d'une dissolution de sulfates de fer et de cuivre, par exemple, ressembleront aux cristaux du sulfate de fer, mais renfermeront des proportions très-variables de sulfate de cuivre, qui s'y trouvera même souvent en quantité considérable ; quelquefois il y a formation de sels triples, comme cela arrive fréquemment avec le nickel. Mais ces cas particuliers et quelques autres encore plus extraordinaires qui se présentent parfois dans les cristallisations, ne peuvent s'apprécier que par l'observation et l'expérience.

546. Si les dissolutions qui ont servi à former les cristaux ne sont pas pures, ceux-ci retiennent toujours une partie des impuretés ; il faut alors les redissoudre pour les faire cristalliser de nouveau. Dans quelques

cas, il est même nécessaire d'avoir recours à une troisième cristallisation pour les obtenir purs.

647. Lorsqu'on traite une substance inconnue ou un mélange de substances, il n'est pas besoin, pour s'assurer si la cristallisation peut avoir lieu, d'opérer sur de grandes quantités, souvent même il est plus avantageux de le faire en petit. Ces essais se font dans de petits morceaux de matras, des soucoupes, des capsules, des verres de montre, et même sur des plateaux de verre (1234). Quelquefois l'on trempe seulement un tube dans une dissolution chaude, et le laissant sécher à l'air libre, on observe s'il s'y forme un dépôt strié, régulier et uniforme, ce qui indique la cristallisation. D'autres fois on transporte une goutte de la dissolution froide sur un plateau de verre que l'on place sur la partie chaude du *fourneau-table*, de manière à ce que le liquide s'évapore lentement, et l'on examine s'il s'est déposé quelque matière solide sur la place qu'occupait la goutte. Mais le meilleur moyen est peut-être de placer quelques gouttes de la dissolution dans une capsule en verre, et de la laisser évaporer à la température ordinaire; ou bien encore, si la substance dissoute est déliquescente, de la faire évaporer sous le récipient d'une machine pneumatique, ainsi qu'on le verra, sect. XI. La couche de matière solide qui se sera formée devra être examinée avec soin, tant à la loupe qu'à l'œil nu, soit par réflexion ou par transmission de la lumière solaire, ou de celle d'une bougie, soit en plaçant derrière le plateau un objet noirci. Dans tous ces essais, il faudra examiner scrupuleusement et de très-près, tout ce qui aura l'apparence cristalline, car la manière dont une croûte cristalline se déchire ou s'écaille, présente



souvent des aspects tellement trompeurs, qu'il faut absolument avoir recours à la loupe.

548. M. Daniell a indiqué un procédé de dissection (1) qui, quoique n'ayant aucun rapport avec la production des cristaux, est souvent d'un grand secours pour les séparer de masses amorphes, et montrer les rapports de forme qu'ils ont entre eux. Il consiste à placer un morceau de la substance dans un liquide capable de le dissoudre; la surface se trouvant ainsi enlevée, on aperçoit l'arrangement symétrique des parties intérieures. Lorsque la substance est peu soluble, comme l'alun, par exemple, il faut en prendre un morceau d'un volume à peu près égal à celui de l'eau; le placer dans un vase de forme convenable, pour que l'eau puisse le recouvrir en tous sens, et laisser le tout pendant quelques jours dans un lieu où la température ne varie point. On observera ensuite, en examinant avec soin, que les formes cristallines auront été mises à découvert par l'action dissolvante de l'eau.

549. Les corps peu solubles, tels que le sulfate de potasse, exigent une plus grande quantité d'eau; quant à ceux au contraire qui le sont beaucoup, il faut, au lieu de les plonger dans l'eau, les mettre dans une dissolution presque saturée de leur propre substance, afin qu'elle n'exerce plus qu'une légère action dissolvante. On peut examiner de la même manière les substances qui, insolubles dans l'eau, sont solubles dans les acides sans effervescence.

550. Ainsi qu'on l'a déjà dit, la cristallisation de quelques corps peut s'effectuer par la fusion, lorsqu'ils ne sont point solubles; c'est ainsi qu'on fait prendre

(1) Quarterly Journal of Science, 1, 24.

la forme cristalline à plusieurs métaux, au soufre, au spermacéti, etc. Ce procédé ne réussit bien qu'en opérant sur des quantités assez considérables; l'on peut citer pour exemple la cristallisation du plomb et du bismuth. Le métal ayant été fondu dans une cuiller en fer, on placera la cuiller sur un bain de sable, dont la chaleur, insuffisante pour empêcher la surface de se solidifier, soit néanmoins assez forte pour maintenir le fond à l'état liquide. Quand une croûte solide se sera formée, on la percera avec un fer rouge à deux endroits près des bords, et l'on fera écouler promptement le métal encore liquide. Lorsque ensuite on examinera la portion qui reste dans la cuiller, on la trouvera tapissée de cristaux intérieurement. Au lieu d'une cuiller en fer, on peut se servir d'un creuset pour opérer la cristallisation des métaux, et d'un ballon de verre, ou d'un vase quelconque; pour celle du soufre, du spermacéti et autres substances semblables, lorsque l'expérience se fait sur le soufre, il ne faut pas trop élever la température, car le liquide s'épaissirait, et deviendrait visqueux.

551. Si l'on veut obtenir des cristaux par la vaporisation, il faut se conformer aux instructions que nous avons données pour la sublimation (459, etc.), en se rappelant cependant que la forme des cristaux sera d'autant plus nette et plus régulière, que l'opération sera conduite avec plus de lenteur. Il est toujours facile de faire cristalliser par la sublimation les substances, telles que le camphre, l'iode, la naphthaline, etc.; mais pour se procurer des cristaux de corps qui exigent pour leur sublimation une température très-élevée, tels que le calomélas, ou le sublimé corrosif, il faut opérer sur de grandes quantités; nous

avons déjà traité de la manière d'effectuer la cristallisation de l'indigo (463).

552. Lorsqu'on examine des cristaux dans le but de déterminer leur forme, il faut généralement s'aider d'une loupe, et placer quelquefois le cristal à la lumière solaire, ou à celle d'une lampe, afin de parvenir, à l'aide de la réflexion de la lumière, à découvrir toutes les faces planes. Pour observer plus aisément de petits cristaux, on prend un peu de lut, composé d'une partie d'essence de térébenthine, et deux parties de cire jaune (1035). Ce mélange ramolli entre les doigts, et placé à l'extrémité d'une baguette, retient parfaitement les cristaux que l'on veut examiner.

553. Pour la manière de se servir du goniomètre, et surtout de l'excellent instrument de ce genre inventé par le docteur Wollaston, ainsi que pour les meilleures méthodes de déterminer les formes des cristaux, ce qui constitue une branche très-importante de la science connue sous le nom de cristallographie, nous renverrons les commençans à l'article du docteur Wollaston dans les *Philosophical Transactions*, 1809; à l'*Elementary Introduction to Mineralogy*, de Phillips, page 25; enfin à l'*Introduction to Cristallography*, de Broeke.

---

## SECTION XI.

*Evaporation, dessiccation.*

554. L'évaporation est une opération si simple, on l'exécute si fréquemment, qu'elle est à la portée de tout le monde. Les vases employés le plus communément sont des terrines (344), une ou deux bassines en argent et en plomb (345), un creuset, des capsules de platine (345), des ballons (347), des capsules en verre, des verres de montre, etc., tous vases qui ont déjà été décrits au chapitre qui traite de la dissolution.

555. En parlant de la cristallisation (538), il a été question de l'évaporation spontanée qui se produit à la température ordinaire, et l'on a particulièrement insisté sur la nécessité de faire choix, pour placer les vases, d'un lieu propre et aéré, ou bien de les tenir couverts. On a considérablement perfectionné et accéléré ce procédé en employant des substances absorbantes : M. Leslie (1) a obtenu par ce moyen des effets qui surpassent tout ce qu'on avait pu imaginer jusqu'à lui. Son procédé consiste à placer le liquide à évaporer dans un vase, de manière à présenter une grande surface, sous le récipient d'une machine pneumatique, avec un autre vase contenant une substance

(1) Supplément à l'Encyclopédie britannique, art. Froid.

qui ait beaucoup d'affinité pour l'eau, telle que l'acide sulfurique concentré, et présentant une surface double ou triple de celle du liquide à évaporer. Ces deux vases doivent être disposés de façon que le premier se trouve au-dessus de l'autre. On recouvre le tout d'une cloche, et après avoir fait le vide on abandonne l'expérience à elle-même. Par l'effet de la soustraction de l'air, l'eau émet une quantité de vapeur dont la tension est relative à sa température; cette vapeur est rapidement absorbée par l'acide sulfurique, et il s'en forme de nouvelles qui se trouvent absorbées comme la première. L'opération continue de cette manière, l'eau s'élevant en vapeur du vase supérieur, et revenant à l'état liquide en se combinant avec l'acide sulfurique.

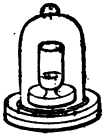
356. Ce procédé d'évaporation, et par suite de dessiccation, est d'autant plus utile, que non-seulement on n'est pas obligé d'élever la température, mais qu'elle se trouve considérablement abaissée, ce qui est d'un bien grand avantage dans une foule de cas où l'on veut dessécher des substances organiques délicates que la moindre chaleur altérerait. Il suffit dans ce cas de remplacer le vase d'eau par la substance à dessécher, ou le filtre sur lequel on l'a recueillie, ou par la capsule qui contient le précipité. On emploie pour soutenir ces substances un petit trépied en verre, et que l'on place dans la capsule où se trouve l'acide sulfurique.

557. Pour que l'opération ait tout le succès désirable, il faut que la cloche s'applique bien exactement sur le plateau, de manière que la machine puisse tenir le vide pendant plusieurs jours. L'acide sulfurique exerce au premier abord une action très-énergique, mais qui va en s'affaiblissant à mesure qu'il absorbe l'eau; il faudra donc l'agiter de temps en temps, et ce

qui vaut mieux encore, le changer dès qu'il se trouvera étendu d'un quart ou d'un cinquième de son poids d'eau. Il ne faut pas que l'acide et les corps à dessécher soient jamais en contact; ainsi lorsqu'on met l'acide pour la première fois, il s'en dégage aux premiers coups de piston un peu d'air formant des bulles qui viennent crever à la surface, et souvent projettent quelques gouttes hors du vase; il faut éviter avec soin que ces gouttes ne tombent sur la substance à dessécher.

558. Quoique la disposition que nous venons de décrire soit celle qui donne les meilleurs résultats, elle n'est pas toujours la plus commode. La substance à dessécher peut encore être mise dans un verre ou un flacon, qu'on place au milieu de la capsule contenant l'acide, l'acide lui-même peut être placé dans un verre à côté du premier; dans tous les cas l'acide doit présenter la plus grande surface possible, car si on le renferme dans un vase étroit, la portion qui se trouve à la surface s'affaiblissant promptement n'a plus d'action sur la substance. D'une autre part, l'air restant dans l'appareil, tendant par l'effet même de l'opération à s'accumuler à la surface de l'acide, s'oppose à l'absorption de la vapeur, ce qui retarde encore la dessiccation.

559. M. Cooper a trouvé le moyen de disposer un appareil de manière à effectuer en même temps plusieurs opérations en petit. Il ajoute à cet effet au récipient des plateaux de verre semblables à ceux dont nous avons parlé (547), si ce n'est qu'ils portent chacun un petit trou à une distance du bord d'environ le quart de leur diamètre. Après avoir enduit d'un peu de suif ou d'huile deux de ces plateaux, pour les faire adhérer parfaitement ensemble, on les place l'un contre l'autre en faisant coïncider les trous, ce qui laisse à



l'air un passage libre; mais pour peu que l'on fasse tourner l'un des plateaux sur lui-même, les trous ne se trouvent plus en regard, et le passage est intercepté. M. Cooper place sur le plateau de la machine pneumatique une cloche portant une ouverture usée à la meule, à sa partie supérieure, il pose dessus les deux plateaux, de manière à ce que les trous correspondent, et dispose la capsule d'acide sulfurique avec son verre et sa cloche sur le plateau supérieur. Mettant ensuite la pompe en mouvement, il fait le vide dans les deux cloches qui communiquent entre elles par les petits trous des plateaux; après quoi faisant tourner les plateaux l'un sur l'autre, de manière à intercepter toute communication, il laisse rentrer l'air dans la cloche inférieure, puis enlève avec les plateaux la cloche supérieure et tout ce qu'elle contient, et la laisse en cet état pendant un temps plus ou moins long. On peut supprimer la cloche inférieure, en plaçant les trous des plateaux immédiatement au-dessus de l'ouverture de la machine.

560. On peut jusqu'à un certain point se passer du secours d'une machine pneumatique. On met pour cela l'acide et la substance à dessécher dans des vases convenables, sur un plateau de verre suffisamment grand, frotté avec du suif, et l'on recouvre le tout avec une cloche s'appliquant parfaitement sur le plateau; on introduit sous la cloche, en la soulevant un peu, une lampe à esprit de vin, que l'on retire après quelques minutes en remplaçant immédiatement la cloche sur le plateau, de la même manière qu'on le pratique pour les ventouses; il se produit alors un vide, qui, bien qu'imparfait, ne laissera pas de faciliter la marche de l'évaporation.

561. L'évaporation est également accélérée par la présence de substances absorbantes, lors même qu'elles sont placées dans un vaisseau où l'on ne peut faire le vide; cet effet se produit toujours mieux à vase clos qu'à vase ouvert, à moins qu'on ne tire parti d'un courant d'air. Les substances le plus fréquemment employées dans ce cas sont l'acide sulfurique, le chlorure de calcium, le carbonate de potasse, la chaux vive, etc. Un précipité humide, placé au-dessus d'une capsule remplie de chaux, se dessèchera en très-peu de temps, si l'on a soin de recouvrir le tout d'une cloche.

562. Quand il n'y a pas d'inconvénient à appliquer la chaleur, l'évaporation a lieu beaucoup plus rapidement. Cette opération se fait à l'aide d'un des nombreux moyens indiqués aux articles distillation et dissolution.

563. Si l'évaporation doit se produire au-dessous du point d'ébullition, il faut employer un vase ouvert, tel qu'un poëlon (544), afin que, la surface du liquide communiquant librement avec l'air, ce dernier se charge de la vapeur à mesure qu'elle se dégagera. Les croûtes qui se forment quelquefois à la surface d'un liquide s'opposent au dégagement de la vapeur, puisqu'elles font les fonctions d'un couvercle, ou de la couche d'huile dont nous avons parlé (238): cet effet, avantageux dans quelques cas, serait nuisible dans celui-ci; il faut donc avoir soin de l'empêcher en brisant cette croûte à mesure qu'elle se forme.

564. Lorsqu'on veut évaporer jusqu'à siccité, comme cela a lieu dans la plupart des analyses, il faut redoubler d'attention au moment où la substance commence à prendre une consistance sirupeuse; car le mouve-



ment, qui jusqu'alors avait lieu dans le liquide, commence à s'arrêter, en sorte qu'il arrive souvent que la partie qui touche le fond du poëlon est au-delà du point d'ébullition, avant que la partie supérieure y soit même parvenue. Il se produit dans ce cas des dégagemens subits de petites quantités de vapeurs qui simulent de petites explosions et qui projettent la substance au dehors. Il faut donc continuellement remuer les matières, ce qui non-seulement prévient la trop grande élévation de température au fond du vase, mais encore accélérera l'évaporation, en facilitant le dégagement de la vapeur. Si quelques parties de la substance s'étaient mises en grumeaux, on substitue un pilon à la baguette de verre, on les écrase à mesure qu'ils se forment, et on les mêle avec les parties plus humides, afin que la dessiccation s'effectue uniformément sur toute la masse. Dans les analyses, il faut avoir soin de ne rien perdre, et de détacher avec la spatule de platine tout ce qui pourrait adhérer à la baguette qui sert à agiter, ou au pilon; on peut même les laver avec un peu d'eau, et ajouter plus tard ce liquide au reste.

565. Lorsqu'on laisse évaporer sans les agiter des substances qui, comme le sel marin, passent à l'état solide, il se forme souvent une masse au-dessous de laquelle il se produit de la vapeur qui finit par acquérir une force suffisante pour causer une explosion violente, briser quelquefois le poëlon, et projeter au loin la substance. Il suffit de remuer fréquemment pour prévenir un semblable accident. Lorsque par la nature du sel on n'a pas à craindre cet inconvénient, et que l'opération n'exige pas une grande exactitude, on peut se dispenser d'agiter, et il suffit de couvrir le vase évapo-

ratoire avec un autre pour empêcher toute dispersion de la substance. On maintiendra le vase supérieur à une température un peu élevée, en le remplissant de sable, afin de prévenir la condensation de la vapeur à sa surface, et son retour dans le vase inférieur, ce qui retarderait la dessiccation.

566. Lorsque l'ébullition est indispensable pour opérer l'évaporation, il n'est pas nécessaire de mettre la substance dans un vase ouvert, quoique l'opération s'y fasse toujours plus promptement; l'on peut alors se servir de capsules ou de ballons: dans ce dernier cas, il est assez difficile d'en retirer la substance solide après l'évaporation; mais cet inconvénient se trouve quelquefois compensé par de grands avantages. L'analyse des eaux minérales exige souvent qu'on agisse sur des masses considérables, et comme un seul vase ne pourrait contenir à la fois tout le liquide, on l'y introduit par portions successives; il faut prendre bien garde, dans ces sortes d'opérations qui sont très-longues, de ne rien perdre des matières, et en même temps de prévenir le contact de la fumée et d'autres substances étrangères. Les flacons de Florence sont alors les plus convenables; chauffés au bain de sable, l'évaporation s'y fait très-rapidement, et si l'on a soin d'ajouter de l'eau à mesure qu'elle s'évapore, on finit par réduire le tout à un très-petit volume. On décante alors le liquide, on lave le flacon, et l'on traite le résidu suivant les procédés ordinaires.

567. Pour empêcher l'introduction de la poussière par le col du flacon, on se sert d'un cornet de papier que l'on place dans l'ouverture en guise de bouchon, ou dont on la recouvre comme d'un éteignoir.

568. Lorsque l'évaporation se fait dans un poëlon, à

la température de l'ébullition, un couvercle est encore plus indispensable, puisque le mouvement du liquide peut facilement en projeter quelques parties au dehors, et que la poussière et la fumée ont un accès plus facile. Le meilleur couvercle est un second poëlon placé par dessus, et maintenu chaud (565). Il faut toujours, ainsi que le recommande M. Berzélius, que le couvercle soit convexe en dessous, afin que le liquide qui se condensera à sa surface retombe dans le vase, et ne puisse s'écouler en dehors : les particules de matière en distillation, lancées contre le couvercle, se réuniront alors à la masse, tandis que dans le cas contraire elles seraient perdues.

569. Au lieu d'un flacon de Florence, il est quelquefois avantageux, pour l'évaporation des eaux minérales, de se servir d'un vase métallique, parce qu'il serait possible que par l'effet d'une longue ébullition il se détachât du verre des substances qui pourraient occasioner des erreurs dans l'analyse. A défaut de vases de platine, on peut au besoin se servir de vases d'argent ou d'un grand creuset de même métal. On le recouvrira, comme on l'a dit (568), avec une capsule de platine ou d'argent, et l'on y versera le liquide par portions successives.

570. Si l'on fait évaporer un liquide dans un poëlon au bain de sable, il faut prendre les précautions indiquées (355), et quand on juge à propos d'employer le chapiteau mobile (364), il faut s'assurer préalablement que l'intérieur en est parfaitement propre.

571. Lorsqu'on fait évaporer au bain de sable ou à la chaleur d'une lampe des dissolutions de substances animales ou végétales jusqu'à siccité ou à peu près, il peut arriver vers la fin de l'opération que la tempéra-

ture du fond du poëlon s'élève au point de décomposer la substance. Il faut alors remuer constamment la dissolution dès qu'elle commence à s'épaissir, et comme on ne peut faire usage d'un thermomètre pour reconnaître la chaleur du fond du poëlon, chercher à s'en assurer par quelque autre moyen. Sir Humphrey Davy conseille de tenir en contact avec le fond extérieur du bassin quelques copeaux de bois : si la température s'élève au point de charbonner le bois, c'est un indice qu'elle peut altérer la substance, et il faut aussitôt la retirer du feu. A défaut de copeaux on peut se servir de bandes de papier. Il faut prendre les mêmes précautions pour la dessiccation des substances organiques en poudre, et avoir soin de les remuer continuellement si le fond du vase dans lequel on les a placées est susceptible de s'échauffer au point de les altérer.

572. Lorsque la substance que l'on dessèche au bain de sable ne peut être altérée par l'élévation de la température, on la couvre, afin de la garantir de la poussière, avec une feuille de papier, un plateau de verre ou un autre bassin; mais alors il faut découvrir le vase de temps en temps pour laisser échapper la vapeur, et avoir soin à chaque fois de faire sécher le couvercle avant de le replacer.

573. On a souvent besoin de s'assurer si la substance est complètement desséchée, ou si elle fournit encore de la vapeur : un excellent moyen d'y parvenir consiste à couvrir le vase qui la contient avec un plateau de verre froid : si l'on aperçoit quelque trace d'humidité à la surface, c'est un indice qu'il se forme encore de la vapeur. Il faut laisser le plateau pendant au moins une minute, ou au moins jusqu'à ce qu'il soit chaud, afin d'être plus sûr qu'il n'y a plus de vapeur. C'est par ce

procédé qu'on s'assure de la parfaite dessiccation des extraits, que l'on reconnaît la propriété hygrométrique des poudres que l'on suppose avoir absorbé l'humidité de l'air.

574. Lorsque la substance à évaporer est en petite quantité, l'opération se fait très-bien dans des capsules (1234), sur de petits plateaux de verre, et même dans des fragmens de flacons de Florence; l'on peut se servir alors d'une lampe à esprit de vin (176), ou du bain de sable (155), ou de la plaque échauffée du fourneau-table (153).

575. Les dessiccations, évaporations lentes, et autres opérations semblables, se font beaucoup mieux dans une étuve que de toute autre manière. Une étuve n'est pas simplement une chambre de chaleur, elle doit encore être disposée de manière à ce qu'il y ait un courant d'air. Une des étuves les plus parfaites que je connaisse est celle de M. Cooper; elle consiste en un espace fermé ménagé auprès d'un fourneau qui lui fournit un peu de chaleur; mais là dessiccation résulte particulièrement du courant d'air chaud qui la traverse. Ce courant d'air, échauffé dans son passage par une plaque de fer qui forme le fond du fourneau, est introduit dans l'étuve à sa partie supérieure; une ouverture pratiquée dans le bas, le plus loin possible de celle par laquelle il est entré, lui sert d'issue pour déboucher dans le tuyau du fourneau. Il est donc, comme on le voit, obligé de descendre, et de se répandre dans l'étuve avant de parvenir à l'ouverture par laquelle il doit sortir. Au moyen d'un registre on peut à volonté établir ou arrêter le passage de l'air; l'entrée de l'étuve est exactement fermée au moyen d'une porte retenue par un bouton.

Une étuve peut être construite en briques, en métal, ou même en bois, et se place ordinairement aussi près que possible du fourneau. Elle peut encore être placée avec avantage entre les murs du fourneau-table, au-dessous du tuyau de tirage, où tout est disposé pour l'échauffer facilement. Il est bon de fixer dans l'intérieur quelques grands clous qui puissent au besoin supporter une planche ou une feuille de fer-blanc destinée à servir de tablette.

Dans une étuve ainsi disposée on parvient à dessécher parfaitement, et sans avoir à craindre aucun inconvénient, les précipités, les filtres, et toutes les substances humides. La chaleur fait passer l'eau à l'état de vapeur, que le courant d'air enlève à mesure qu'elle se forme. L'étuve est très-utile pour les filtrations à chaud (515); il faut seulement avoir soin de régler convenablement la chaleur de l'air qu'on y introduit.

576. Une boîte percée à deux de ses extrémités, de manière à donner passage aux vapeurs échauffées qui s'élèvent d'un petit fourneau (246), peut quelquefois servir momentanément d'étuve; mais comme ces vapeurs entraînent toujours de la poussière, il faut couvrir la substance à évaporer ou à dessécher avec du papier brouillard. On peut encore produire le même effet au moyen d'une lampe d'Argan et d'une boîte de carton, dans laquelle, au moyen d'un tube en entonnoir de deux pouces de long, on fait entrer l'air échauffé par la lampe: on pratique une issue pour sa sortie, soit sur un des côtés, soit au fond de la boîte. La grandeur de la boîte doit être proportionnée à l'intensité de la chaleur dégagée par la lampe, de manière que la température soit assez élevée pour que l'eau for-

mée par la combustion de l'huile ne s'y condense pas; et quoique cette eau en vapeur rende l'air moins propre à se charger d'humidité, il en enlèvera toujours assez pour être employé très-avantageusement.

577. Un excellent moyen de dessécher les filtres contenant des précipités, consiste à les étendre sur une feuille de fer-blanc très-propre, en interposant suivant le besoin une feuille de papier à filtrer, et à placer le tout sur une partie suffisamment chaude du bain de sable. On disposera le sable de manière à ce qu'il communique à la feuille de fer-blanc une chaleur convenable qui ne puisse jamais être assez intense pour noircir le papier: si le fourneau n'est pas allumé, on pourra chauffer la feuille de fer-blanc en la plaçant au-dessus d'une lampe à huile (189).

578. On peut enlever une quantité considérable du liquide que conserve un précipité obtenu au moyen du filtre en le plaçant sur un corps absorbant. Si le liquide est de l'eau, on se sert de craie que l'on étend en couche épaisse; si c'est au contraire un acide, un alkali, ou une dissolution saline, on remplace la craie par plusieurs feuilles de papier brouillard. Lorsqu'on veut retirer le filtre de l'entonnoir, il faut commencer par le détacher des parois latérales, en l'inclinant convenablement, puis le saisir par les bords, et le porter sur le corps absorbant; si le précipité est trop lourd pour qu'on puisse retirer le filtre de cette manière, on peut le faire sortir en inclinant davantage l'entonnoir, et en faisant glisser le filtre au moyen d'une légère secousse. S'il s'agit d'un filtre uni (505), on placera d'abord sur le corps absorbant la partie simple du filtre, et les plis s'ouvrant alors facilement, le papier se trouvera complètement étendu. Lorsqu'on se

sert de craie il faut que le filtre pose sur une feuille de papier brouillard.

579. L'on peut hâter la dessiccation de quelques précipités en les renversant sur le corps absorbant, de manière à ce qu'ils se trouvent recouverts par le filtre, et en mettant sur celui-ci plusieurs feuilles de papier brouillard, que l'on presse avec les mains : à mesure que ce premier papier s'humecte on le remplace par du papier sec. On ne peut avoir recours à ce moyen que lorsque le précipité a déjà assez de consistance pour ne point s'échapper au-delà des bords du filtre par l'effet de la pression. L'on place ensuite le filtre et le précipité dans l'étuve (575) ou sur la plaque échauffée (577), où ils achèvent de se dessécher.

580. La dessiccation au moyen de feuilles de papier brouillard s'emploie encore fréquemment et avec avantage pour les précipités déposés sur de petits filtres, lorsqu'ils ont déjà quelque consistance, et qu'il s'agit de substances d'une certaine valeur. Après avoir ployé le filtre en deux, on le pressera deux ou trois fois afin de faire adhérer l'une à l'autre les deux moitiés du précipité. Relevant le papier par le bord, on le détachera du précipité sans déranger ce dernier ; on ploiera alors le filtre sur lui-même, de manière que ce second pli passe par le milieu du précipité, qui se trouvera ainsi doublé une seconde fois ; après l'avoir fait adhérer en pressant de nouveau légèrement, on relèvera le papier. Le précipité se trouvera réduit, à chaque pli nouveau, à la moitié de sa surface, et par conséquent au double de son épaisseur, et bien qu'en petite quantité, on finira par le réunir en une masse compacte.

581. Avant de terminer ce que nous avons à dire sur la dessiccation, nous devons rappeler que, lors-



qu'on place dans un entonnoir, pour les laisser s'égoutter, des cristaux humides ou d'autres substances en fragmens, l'opération marche avec plus de rapidité si on fait passer dans la douille de l'entonnoir une bande de papier roulé qui touche aux cristaux par sa partie supérieure, et sorte de la douille à son extrémité inférieure : cette espèce de conduit hâte considérablement l'écoulement du liquide.

M. Robinet a perfectionné ce mode de dessiccation des cristaux en faisant passer un courant d'air dans l'entonnoir. Après avoir mis dans la douille un peu de coton cardé, pour retenir les cristaux, il place l'entonnoir sur un des goulots d'un flacon à deux tubulures, et adaptant un tube à l'autre, fait passer dans le flacon de l'air, qui, pour s'échapper, est obligé de traverser les cristaux, et enlève ainsi l'humidité qu'ils avaient retenue à leur sortie des eaux-mères de manière à sécher en peu de temps ceux qui sont le plus imprégnés de liquide.

---

## SECTION XII.

*Papiers réactifs colorés, neutralisation.*

582. Les substances chimiques comprises sous les dénominations d'acides et d'alkalis jouissent à l'état libre de la propriété d'opérer des changemens constants dans la teinte de certaines couleurs végétales. La facilité avec laquelle ces changemens se produisent, et peuvent être constatés, a été mise à profit pour reconnaître la présence des acides ou des alkalis, soit à l'état libre, soit combinés en excès avec d'autres corps. Les matières colorantes, dont on fait continuellement usage dans les laboratoires, s'emploient soit en dissolution, soit fixées sur le papier; on leur donne dans ce cas le nom de *papiers réactifs*.

583. La seule substance de ce genre dont l'emploi en dissolution soit peut-être préférable, est l'infusion acide de chou rouge : on la prépare de la manière suivante. Après avoir coupé en morceaux un ou plusieurs choux, on verse dessus de l'eau bouillante aiguisée d'un peu d'acide sulfurique, on agite bien le mélange, on le couvre, puis on le maintient chaud aussi long-temps que possible, soit en l'enveloppant, soit en le tenant exposé pendant une heure ou deux dans un vase de cuivre ou de terre à l'action de la chaleur, de manière qu'il reste un peu au-dessous du point d'ébullition. L'eau doit être en quantité suffisante pour recouvrir les choux, et doit contenir de l'acide sulfurique dans la

proportion d'une demi-once d'acide concentré pour chaque chou. Cette infusion terminée, on décante le liquide, et l'on verse sur le résidu une nouvelle quantité d'eau contenant un peu moins d'acide, on opère comme la première fois, et après le refroidissement on ajoute le produit de cette seconde infusion à celui de la première, et l'on jette le résidu. On fera ensuite évaporer le liquide jusqu'à réduction de moitié ou du tiers de son volume, et après l'avoir laissé déposer, on le tirera à clair; puis versant de l'eau sur le dépôt, évaporant et tirant de nouveau à clair, on mélangera ce liquide avec le premier, ou l'on s'en servira séparément. Cette infusion, enfermée dans des bouteilles, peut se conserver pendant une année. Quand on voudra s'en servir, il faudra commencer par neutraliser l'acide, non par l'ammoniaque, mais par la potasse ou la soude caustique; elle sera alors d'une belle teinte bleu foncé, et il faudra presque toujours l'étendre de douze à quatorze fois son volume d'eau. Le liquide rouge des choux confits au vinaigre peut au besoin remplacer l'infusion de chou rouge; mais il faut également en neutraliser l'acide.

584. Les papiers réactifs sont d'un emploi beaucoup plus commode que les dissolutions; ceux dont on se sert le plus généralement, à cause de leur sensibilité, sont le papier de tournesol et celui de curcuma. Pour préparer le premier on pulvérise du tournesol dans un mortier avec de l'eau chaude, on verse le mélange dans un vase évaporatoire, et l'on y ajoute de l'eau chaude dans la proportion d'une demi-pinte pour chaque once de tournesol; laissant reposer, on tire le liquide à clair, puis on lave le dépôt aussi long-temps qu'il fournit de la couleur. La première eau étant mise de

côté, l'on réunit les autres, et on les fait évaporer jusqu'à ce qu'en y plongeant un morceau de papier à filtrer on le retire suffisamment coloré.

585. On y trempera alors du papier blanc non collé, afin que la teinte soit bien prononcée, et que le liquide le pénètre facilement. Le papier collé présente une teinte plus agréable; mais il est moins sensible. Il faut néanmoins que le papier soit assez fort pour ne pas être transparent quand il sera mouillé; et l'on doit s'assurer préalablement qu'il ne contient point de matières terreuses ou alcalines, surtout du carbonate de chaux. On suivra pour le choix du papier les recommandations faites pour le papier à filtre (503).

586. On divisera les feuilles de papier en morceaux de grandeur à pouvoir être plongés dans le liquide. On versera la dissolution de tournesol dans un plat ou une assiette à soupe, et l'on y passera les morceaux de papier l'un après l'autre de manière à ce que le liquide les recouvre; les laissant ensuite égoutter pendant quelques minutes, on les fait sécher dans un endroit convenable en les plaçant sur un fil ou une ficelle. Il faut avoir bien soin de les garantir des vapeurs acides et de celles du charbon, qui en altéreraient le couleur, et de les retirer aussitôt qu'ils sont secs. La teinte doit être d'un beau bleu foncé; si elle n'est que bleu clair, il faut s'assurer qu'elle est néanmoins franche et prononcée, en examinant si la teinte rouge qu'ils prennent en les plongeant en partie dans un acide très-faible est vive, et tranche bien avec la teinte bleue qui se trouve au-dessus. Si l'infusion était tellement faible que la teinte fût trop claire, on tremperait le papier de nouveau; mais il faut autant que possible ne pas avoir recours à ce moyen qui exige

pour sécher le papier une seconde exposition à l'air.

587. Lorsque des parcelles de tournesol restent en suspension dans l'infusion, et lui donnent un aspect louche, on ne doit pas s'en inquiéter, puisque ces particules sont elles-mêmes des réactifs aussi sensibles que le papier coloré.

588. Lorsque le papier est d'une couleur convenable et parfaitement sec, on le ploie et on l'entoure de papier à enveloppe, de manière à le garantir de l'action de l'air et de la lumière : celle-ci en détruirait la couleur; l'acide carbonique et les autres substances que contient l'air pourraient en altérer la teinte, et par conséquent la sensibilité.

589. Le papier de curcuma se prépare de la même manière. Après avoir fait bouillir une once de curcuma pulvérisé avec dix à douze onces d'eau pendant une demi-heure, et avoir passé le mélange à travers un linge, on y plonge du papier semblable à celui dont il a été question (585). L'infusion doit communiquer au papier une belle couleur jaune quand il est desséché. Pendant son exposition à l'air, pour le faire sécher, il suffira de le garantir des vapeurs acides et alkales, qui en diminueraient la sensibilité.

590. Ce papier doit être coupé en morceaux de six ponces de longueur sur un demi-pouce de large, et renfermé dans un bocal entouré de papier noir, ou mieux encore dans un papier fort; dans ce cas il faut avoir soin de laisser dépasser d'environ un pouce des bouts des papiers réactifs, afin de pouvoir saisir facilement celui dont on a besoin.

591. Lorsqu'on se sert de ces papiers pour reconnaître si un liquide contient un acide ou un alkali, il suffit de les mouiller avec le liquide, et d'observer le

changement qui s'opère dans sa couleur. Si le liquide est acide, la couleur bleue du tournesol tournera aussitôt au rouge; si au contraire il est alkalin, la couleur jauné du papier de curcuma passera au brun. Pour mouiller le papier on le plonge ordinairement dans le liquide; mais il vaut mieux en porter une goutte sur le papier au moyen d'un tube de verre (348), ce qui n'expose pas à salir le liquide avec le papier, et n'exige qu'une fort petite quantité de liquide à la fois.

592. Ces essais doivent se faire de jour; les variations produites par des petites quantités d'acide ou d'alkali pouvant difficilement être saisies à la lumière artificielle. L'intensité de la teinte produite par l'acide ou l'alkali étant en raison de la quantité de ces substances dans le liquide, il faut apporter à l'expérience une attention d'autant plus scrupuleuse qu'elles sont en moindre quantité. On doit aussi s'assurer que les changemens de teinte ne sont pas produits seulement par l'action de l'eau, ce que l'on constate en appliquant une goutte d'eau distillée à côté de la portion qui aura été colorée par le liquide.

593. Quoiqu'on emploie le plus ordinairement le papier de tournesol pour connaître la présence des acides, et le papier de curcuma pour reconnaître celle des alkalis, on peut faire servir le premier à cette dernière opération; il suffit pour cela de le rougir préalablement en l'exposant à l'air, ou à la vapeur de l'acide muriatique. Ainsi préparé, le papier décele la présence d'un alkali lorsque plongé dans ce liquide il reprend sa teinte bleue primitive. La manière la plus commode de rougir le papier de tournesol, lorsqu'on veut s'en servir au lieu de papier de curcuma, est de verser deux ou trois gouttes d'acide muriatique dans une

grande cloche, et de présenter le papier à son ouverture, ou de l'y tenir suspendu pendant un temps suffisant. Il ne faut pas employer trop d'acide à cette opération, car le papier deviendrait beaucoup moins sensible, en raison de la quantité d'alkali nécessaire pour le neutraliser et faire reparaitre la couleur bleue. C'est pour un motif semblable que nous avons recommandé de n'employer que du papier qui ne contient pas d'alkali ou de carbonate de chaux (585), car ces substances se combinant avec une certaine quantité d'acide le neutralisent, et le rendent moins sensible à l'action de ces réactifs.

594. La meilleure manière d'effectuer les neutralisations est de les faire à chaud, surtout si l'on se sert d'un carbonate, et s'il doit en résulter un précipité : dans le premier cas, tout l'acide carbonique se trouve dégagé, et dans le second la combinaison est plus rapide et plus parfaite. Les vases évaporatoires (344) sont très-commodes pour des opérations de ce genre, en ce qu'on peut facilement agiter les matières qu'ils contiennent; la baguette que l'on emploie pour remuer peut aussi servir à porter les gouttes de liquide sur le papier réactif. Les dissolutions à neutraliser ne doivent pas être trop concentrées; et si l'on veut opérer avec exactitude, on devra étendre d'eau la substance que l'on y verse (474), lorsqu'on approchera du point de saturation, par les raisons déjà données. Les différens essais se feront sur le bord du papier, et on les comparera de temps en temps avec l'effet produit par l'eau froide (592). Dans des opérations délicates cette comparaison devra se faire avec de l'eau chaude. Il faut éviter, pendant toutes ces opérations, que le papier réactif ne soit en contact avec des vapeurs acides, ce qui pourrait induire en erreur.

595. On précipite quelquefois une substance d'une dissolution neutre, en y versant un alkali ou un carbonate alkalin; dans ce cas il faut que celui-ci s'y trouve dans le moindre excès possible. On se sert alors de papier de curcuma, et l'on fait l'opération à chaud comme on l'a dit ci-dessus; mais au lieu de verser peu à peu le précipitant dans la dissolution, jusqu'à ce qu'il se manifeste un léger excès d'alkali, il vaut mieux mettre à part une petite portion de la dissolution, faire passer tout d'un coup le reste à l'état alkalin, et ajouter ensuite par partie la portion mise en réserve, jusqu'à ce qu'on ait atteint le point de saturation, ce dont on s'assurera au moyen du papier de curcuma. Ce qui restera de liquide non saturé pourra l'être postérieurement, en prenant toutes les précautions indiquées, et sera réuni à la dissolution.

596. Il y a quelques substances qui exercent sur la couleur des papiers réactifs, principalement sur le curcuma, une action tout-à-fait indépendante de l'acide ou de l'alkali libre qu'elles contiennent, et qui, si l'on n'en est prévenu, pourrait induire en erreur. C'est ainsi que la dissolution d'acide iodique, faible ou concentrée, agit peu à peu sur le papier de curcuma et lui donne une teinte semblable à celle qu'il prend avec un alkali : les teintes rouges ou rouge brun qu'elle produit sont encore plus vives s'il se trouve quelques autres acides dans la dissolution. Les boratés, surtout s'ils sont mêlés avec des acides, agissent de la même manière, et quelques-uns des changemens qu'ils produisent ressemblent beaucoup à ceux opérés par des alkalis. L'acide sulfurique concentré et le gaz acide muriatique rougissent le papier de curcuma; mais l'eau seule fait disparaître cette teinte rouge. Le gaz



ammoniac au contraire ne rougit le papier de curcuma qu'autant que ce dernier contient assez d'eau pour dissoudre le gaz. Les sels de fer, d'étain, d'urane, les muriates de zircone de zinc, d'antimoine, de manganèse, et le nitrate de bismuth, en dissolutions suffisamment concentrées, affectent le papier de curcuma de la même manière que les alkalis (1). Nous devons également prévenir ceux qui, pour se mettre à l'abri d'une pareille incertitude, font usage de papier jaune teint avec de la rhubarbe, que ce dernier présente des anomalies analogues, quoique plus rarement, ce qui n'empêche pas que dans certains cas ce soit un excellent réactif pour reconnaître la présence des alkalis.

597. L'alkalimétrie est fondée sur la neutralisation, et l'emploi des papiers réactifs : son objet est de déterminer la proportion d'alkali libre ou de carbonate contenu dans une substance. Decroisilles, le premier, imagina de se servir pour cela de la capacité de saturation ; mais on a depuis perfectionné et étendu son procédé, ainsi qu'on peut le voir dans les ouvrages modernes (2).

598. Dans un tube fermé à l'une de ses extrémités, ayant trois quarts de pouce environ de diamètre intérieur, et neuf pouces et demi de longueur, pesez très-exactement 1000 grains d'eau, et divisez l'espace qu'elle comprendra en 100 parties égales, d'après le procédé indiqué (116, etc.), numérotez les divisions de dix en dix, à partir du haut. A la division 23,44 ou 76,56, en partant du bas, faites, du côté opposé à la graduation, un trait avec une pointe de diamant

(1) Quarterly journal of sciences, XIII, 315; XIV, 234.

(2) Ura, Dictionnaire de chimie, introduction, p. xiv. — Henry, Éléments de chimie, huitième édit., II, 522.

(115); à côté duquel vous écrirez le mot *soude*; un peu au-dessous, au point correspondant à la division 48,96; vous tracerez un second trait, et le mot *potasse*; vis-à-vis la division 54,63, un troisième trait avec le mot *carb. de soude*; et enfin à la division 65 un quart, celui de *carb. de potasse*. Il faut remarquer que les divisions correspondant à chacune de ces substances sont dans un ordre inverse de leurs nombres équivalens, et par conséquent proportionnelles aux quantités d'un acide donné, qui neutralisent des poids égaux de ces alkalis ou de leurs carbonates. L'ouverture du tube doit être telle, qu'on puisse la boucher parfaitement avec le pouce.

599. On préparera, d'autre part, de l'acide sulfurique qu'on étendra convenablement, pour le ramener à 1,141 de pesanteur spécifique, ce qui s'obtient en mêlant une partie d'acide à 1,849 de densité avec quatre parties d'eau. Après complet refroidissement, la pesanteur spécifique du liquide sera à très-peu de chose près 1,141: il convient même de s'en assurer avant de s'en servir. Admettant le mélange fait dans les proportions voulues, on trouvera que les quantités d'acide correspondantes à chacun des quatre traits du tube peuvent neutraliser 100 grains de l'alkali ou du carbonate dont le nom est à côté. Par conséquent, si après avoir mis dans le tube de l'acide sulfurique à la densité de 1,141, jusqu'à l'un des traits indiqués, on y ajoute de l'eau jusqu'à ce que le niveau du liquide soit à la division 100, qu'on agite soigneusement le mélange; l'on aura une liqueur dont une division saturera précisément un grain de la substance alkaline dont le nom correspondait au niveau de l'acide employé.

600. Lorsqu'on veut essayer par ce procédé de la

potasse, de la barite, ou de la soude, on en prend un poids de 100 grains que l'on fait dissoudre dans de l'eau chaude; après avoir filtré la dissolution, on lave le résidu insoluble, et on ajoute cette eau à la première: on séparera ainsi l'alkali du carbonate de chaux; et des autres matières insolubles qui pourraient causer des erreurs. La dissolution alkaline ayant été placée dans un vase sur le bain de sable, on versera de l'acide à 1,141 de densité dans le tube jusqu'au trait qui correspond au nom de la substance que l'on veut essayer; ajoutant ensuite de l'eau jusqu'au nombre 100; et fermant le tube avec le doigt, on agitera quelques minutes pour mélanger l'eau et l'acide, ainsi qu'il a été dit.

601. Pour procéder à la saturation de l'alkali; il faut renverser le tube de manière à placer en bas son ouverture, que l'on tiendra fermée avec le pouce, afin de ne laisser tomber la dissolution que par petite quantité; on aura soin d'agiter en même temps la dissolution chaude, afin de favoriser le mélange, et l'on ajoutera l'acide goutte à goutte lorsqu'on approchera du point de saturation. Aussitôt que les papiers réactifs indiqueront que l'on est arrivé à ce point, on relèvera le tube; on retirera le pouce en l'essayant sur le bord du tube, afin de perdre le moins possible de liquide; on attendra que celui qui est opéré les parois soit descendu; et l'on jugera d'après le nombre de divisions d'acide employées, la quantité de grains d'alkali ou de carbonate renfermée dans 100 grains du mélange alkalin qu'on a traité.

602. On s'assurera de la manière suivante que l'acide est à la densité convenable (599): l'on chauffera dans un creuset de platine des cristaux de bi-carbonate de potasse, et lorsqu'ils seront en parfaite fusion, on ver-

sera le liquide sur une plaque de métal froid ; on pèsera ensuite dans de l'eau (63) 70,80 à 100 grains de cette substance, de manière à former une dissolution contenant un poids connu de carbonate de potasse pur. Cette dissolution étant étendue d'eau, chauffée et neutralisée par l'acide du tube, préparé ainsi qu'on l'a dit (599), la liqueur d'essai sera bien faite si le nombre des divisions de liquide nécessaire à la saturation est exactement le même que celui des grains de carbonate : cette liqueur serait trop faible s'il en fallait une quantité plus grande ; elle serait trop forte au contraire s'il suffisait d'une moindre quantité pour opérer la saturation. Il sera facile de déterminer dans l'un et l'autre cas les quantités d'eau ou d'acide à ajouter à cette liqueur d'essai pour la rendre parfaite.

603. Au lieu de se servir de papiers réactifs, on peut mettre dans la dissolution alcaline un peu d'infusion de chou rouge, préalablement neutralisée (583), ou de tournesol, et observer les changemens produits par l'acide. On s'arrêtera aussitôt que la teinte verte, que le chou avait prise dans l'alkali, sera remplacée par la couleur bleue, ou que le tournesol virera au rouge, ce qui indique qu'on a atteint le point de saturation : cependant l'essai avec le papier est plus exact.

604. La plupart des substances connues dans les arts sous les noms de potasse, de soude, renferment des sulfures et des sulfites, alkalis qui, dans l'essai ci-dessus, pourraient induire en erreur. MM. Walter et Gay-Lussac (1) ont proposé d'ajouter aux parties solubles, séparées par l'eau, un peu de chlorate de potasse, d'évaporer le tout, et le porter au rouge. Les sulfures

(1) Annales de chimie, XIII, 312.

et les sulfites seront ainsi transformés en sulfates neutres, en sorte qu'ils n'auront plus d'action sur l'acide ajouté.

605. On peut reconnaître le degré de concentration des acides par un procédé fondé sur le même principe : cependant on en fait rarement usage : les détails dans lesquels nous venons d'entrer nous dispensent d'y revenir. L'acide acétique est celui dont on a le plus souvent besoin de reconnaître l'état de concentration, attendu que sa pesanteur spécifique change peu avec sa force, et qu'on l'emploie fréquemment dans les arts à l'état impur. Le docteur Paris a établi d'une manière exacte les proportions dans lesquelles se combinent l'acide acétique et le carbonate de chaux, et il a proposé d'estimer l'état de concentration de cet acide d'après la quantité de carbonate de chaux qu'il pourrait dissoudre, ce qui fait connaître en même temps la quantité d'acide réel qu'il renferme. Ainsi l'on prend 100 grains de marbre, par exemple, réduits en fragmens grossiers, après les avoir placés dans un matras on verse dessus 500 grains de vinaigre ou de toute autre liqueur acétique; lorsque la première effervescence est passée, on décante le liquide, on lave le résidu avec un peu d'eau distillée, on le fait sécher, et on le pèse de nouveau : la différence de poids sera égale à la quantité d'acide réel contenu dans le liquide.

606. Les acides muriatique, nitrique, et tous ceux qui forment avec la chaux des sels neutres et solubles, dont les nombres équivalens sont parfaitement connus, peuvent être essayés de la même manière. En multipliant par 0,74 le nombre de grains de carbonate de

chaux dissous par l'acide muriatique, on aura le poids de l'acide réel. On aura de même le poids de l'acide nitrique, si l'on multiplie par 1,08 le nombre de grains de carbonate de chaux qu'il aura dissous.

---

## SECTION XIII.

*Opérations dans les creusets, fusion, réduction.*

607. On a donné le nom de creusets à des vases ouverts dans lesquels on soumet les corps à une température élevée. Leur forme et la matière dont ils sont faits varient beaucoup, suivant les opérations auxquelles ils doivent servir. Les creusets sont ordinairement en terre; ils ont l'avantage d'être à bon marché, et de résister à une très-haute température.

608. *Les creusets anglais* sont facilement rayés par la verre ou l'acier; leur cassure est grenue, ils ne peuvent servir qu'à des opérations grossières. Leur forme est triangulaire ou ronde; ils sont à meilleur marché que tous les autres, mais ils ne peuvent résister à une très-haute température. Ils sont facilement attaquables par les différens flux; pour en juger on peut chauffer dans un de ces creusets un flux coloré, cassant ensuite le vase, l'on voit qu'il a pénétré jusqu'à une certaine épaisseur dans la substance du creuset.

609. *Les creusets de Hesse* sont bien préférables aux creusets anglais pour résister à la chaleur et à l'action des flux. Ils sont ordinairement grisâtres, plus durs que les premiers, difficilement rayés par le couteau; leur cassure est plus nette, leur grain plus serré, et offrant par-ci par-là des points noirs.

610. *Les creusets de Cornouailles* se rapprochent beaucoup pour la bonté de ceux de Hesse, dont ils ne

diffèrent guère que par leur couleur, étant presque blancs.

611. Les creusets en porcelaine de Wedgwood peuvent supporter une température égale à celle des creusets anglais; mais ils résistent moins facilement aux changemens brusques de température (1).

612. *Les pots bleus, les creusets de plombagine*, sont faits avec un mélange de plombagine grossière et d'argile; ils sont ordinairement très-grands, et ne sont guère employés que dans les arts. Ils supportent une température plus élevée que les creusets anglais, ne sont point aussi sujets à se casser par l'effet de la chaleur ou du refroidissement, et résistent mieux à l'action des flux, aux températures moyennes, que la plupart des autres: ces creusets servent rarement aux opérations de laboratoire, à cause du fer et du charbon qu'ils renferment, et qui pourraient avoir de l'influence sur les produits.

613 et 614. On expose généralement les creusets à l'action immédiate de la chaleur sans les recouvrir d'aucun enduit; mais, dans quelques cas, il est convenable d'en mettre deux l'un dans l'autre. Pour cela on préparera une pâte avec de l'argile réfractaire (Sect. XVIII) et de l'eau, dont on enduira le fond et les parois du plus grand, en sorte qu'en y introduisant le plus petit, et pressant un peu, il portera sur l'argile par tous ses points, et l'excédant de celle-ci s'échappera par le haut de l'intervalle existant entre les deux creusets. Comme il faut agir avec une certaine force pour faire entrer le creuset et faire sortir l'argile qui est en excès, on pla-

(1) Les creusets en porcelaine dure, que l'on fabrique en France, particulièrement ceux de la fabrique de Bayeux (Calvados), peuvent remplacer avec avantage ces derniers.



cera les creusets renversés sur une table, et l'on appaiera sur le fond du plus grand en le faisant tourner jusqu'à ce que son bord se trouve presque en contact avec la table. Les deux creusets, ainsi réunis par la couche d'argile, se trouvent n'en faire qu'un; il faudra les mettre sécher dans un endroit chaud (576) pendant quelques jours, avant de s'en servir.

615 et 616. Les creusets en charbon sont très-commodes pour certaines opérations de réduction. Klaproth conseille de les faire en pratiquant dans un morceau de charbon bien brûlé une cavité assez grande pour contenir la substance que l'on veut traiter, et de la recouvrir avec un petit couvercle également de charbon. Le morceau de charbon est ensuite placé dans un creuset de terre ordinaire, dont on lute parfaitement le couvercle.

617. Le charbon d'aulne ne se fondant pas lorsqu'on l'expose à la chaleur, on devra lui donner la préférence pour faire les bouchons ou couvercles; mais il faut le soumettre préalablement à une forte chaleur, à cause du retrait qu'il éprouve, et qui paraît proportionnel à la température qu'il a supportée.

618. On se contente quelquefois de garnir de charbon l'intérieur du creuset. Ce charbon devra être d'abord réduit en poudre. On délaiera cette poudre avec de l'eau, dans laquelle on aura mis un peu de gomme, de manière à en former une pâte dont on enduira l'intérieur du creuset, en laissant à cette couche un quart de pouce ou un demi-pouce d'épaisseur. L'on donnera à l'intérieur la forme convenable avec un moule, tel qu'un morceau de bois; après avoir fortement tassé la pâte avec cet instrument, on le retirera avec soin. Il n'y aura plus ensuite qu'à laisser sécher le creuset (575).

619. Les creusets en métal, dont l'emploi est le plus commode, sont ceux de platine; ils doivent être accompagnés de leur couvercle de même métal.

620. Nous avons déjà parlé des capsules de platine et de leurs usages.

621 et 622. Les creusets d'argent avec leur couvercle remplacent souvent ceux de platine, et leur prix moins élevé permet de leur donner une plus grande capacité; mais la fusion de l'argent ayant lieu à la chaleur rouge, il faut les chauffer avec précaution.

623. Lorsqu'on se sert de creusets en platine on ne peut brûler que du charbon de bois; non-seulement les vapeurs sulfureuses que laissent dégager le coke et la houille agissent sur eux, mais le fer et les autres substances forment des scories qui s'attachent aux creusets et les détériorent.

624. Les creusets s'altèrent après un certain nombre d'opérations; il se forme des soufflures dans ceux de platine, ce qui les affaiblit, et donne naissance à des cavités dans lesquelles se logent des substances qui se mêlent avec celles des opérations subséquentes. Leur surface devient peu à peu rugueuse, et le métal lui-même plus ou moins friable. Ces changements se produisent à la longue pour le platine le plus pur, peut-être par l'effet des vapeurs que fournit le combustible, et peut-être aussi par l'action insensible, mais répétée, des substances qu'on y chauffe. Ces altérations ont lieu plus rapidement pour les creusets d'argent; ce métal prend une apparence cristalline, et devient très-fragile.

625. On a quelquefois besoin d'un creuset en fer pour des expériences de combustion; on doit préférer la fonte au fer fondu, quoiqu'elle soit plus fusible.

626 et 627. A l'égard des creusets métalliques qui conviennent à chaque opération en particulier, il faut observer que l'on ne doit jamais chauffer des métaux fusibles, ou des composés métalliques, que l'on a l'intention de réduire, dans des creusets d'argent, d'or ou de platine; car il en résulterait des alliages, le creuset serait détruit, et le contenu perdu. Plusieurs chlorures qui ne sont point réduits par la chaleur, et n'exercent aucune action sur le verre, attaquent le platine si on les chauffe dans un creuset de ce métal. Tel est le chlorure de plomb, qui est réduit en partie: le plomb métallique s'unit au platine, et endommage le creuset. L'oxide de plomb et plusieurs autres composés contenant ce métal, tel que le flint-glass, se comportent de la même manière. On ne doit donc chauffer dans de pareils creusets que des substances insolubles, soit en masse, soit en poudre, ou avec des liquides qui n'aient pas d'action sur eux. On est souvent obligé, pour les analyses, de les employer pour chauffer des alkalis, à l'action desquels aucun autre vase ne résiste aussi bien. Les alkalis caustiques, à une haute température, attaquent cependant le platine et l'argent: cette action est assez lente, mais elle est rendue plus prompte par le contact de l'air, et paraît due à la formation d'un peu de peroxide alkalin, qui transmet ensuite l'oxygène au métal. Ces creusets ne sont point attaqués par les carbonates alkalis; mais on ne peut pas porter ceux-ci au point de fusion dans un creuset d'argent, à cause de la haute température qui est nécessaire. Si l'on mêle du charbon avec le carbonate alkalin, le platine est attaqué peut-être par suite de la formation d'un peu de potassium:

628 et 629. On doit choisir de préférence des creusets en terre pour soumettre les métaux à une haute température; mais ils sont sujets à quelques inconvéniens qu'on ne doit pas perdre de vue. Ils cèdent parfois quelques substances aux corps qu'ils contiennent; ainsi en chauffant du platine avec du charbon dans un creuset de terre, si la température est portée au point de faire fondre ce dernier, on obtiendra un alliage de platine et de silicium: du fer ou de la fonte chauffés fortement de la même manière donneront lieu à un alliage de fer et de silicium, et peut-être d'aluminium.

630, 631, 632 et 633. Le fourneau-table dont nous avons parlé (152) pourra servir à chauffer toute espèce de creuset qui aura moins de six pouces de haut, et quatre pouces d'ouverture: Le coke sera, comme nous l'avons dit, le combustible que l'on devra préférer pour cet usage; et l'on pourra obtenir une très-forte chaleur si l'on a soin de fermer exactement la porte, et toutes les ouvertures inutiles, et de ne laisser libre que celle du cendrier.

634. Lorsqu'on se sert du fourneau portatif décrit 144, la grille doit être placée à une hauteur convenable, et telle qu'il y ait au moins deux pouces d'intervalle entre le fourneau et le creuset; lorsque celui-ci a deux pouces de diamètre, et plus grande si le diamètre du creuset était plus considérable, ce qui laisse la facilité d'y mettre une quantité suffisante de combustible. Si l'on veut obtenir une forte température, il faut même mettre un pouce ou deux de combustible au-dessus du creuset, allumer le fourneau au moyen de quelques charbons incandescens, que l'on place dans la partie

inférieure, et y adapter le tuyau de tirage (148). Il faut avoir soin d'éviter que le creuset ne descende jusqu'à la grille, et qu'il ne prenne une position inclinée qui pourrait occasioner la perte d'une partie des substances qu'il renferme, surtout si elles étaient liquides ou pâteuses.

635. Si une seule charge de combustible ne suffisait pas pour produire l'effet que l'on désire, il faudrait placer le creuset sur un support. Ce support peut être un morceau de brique de l'épaisseur d'un pouce et demi environ, un tourteau d'argile réfractaire, ou un creuset renversé. Lorsqu'on l'a ainsi placé sur son support, le feu doit être allumé tout autour, et le fourneau chargé de combustible comme précédemment; ensuite il faut avoir soin d'ajouter successivement du charbon par petites parties, au fur et à mesure de la consommation: de cette manière on évite le refroidissement qui aurait lieu par l'addition subite d'une grande quantité de combustible, et l'accès de l'air extérieur qui tendrait également à refroidir le creuset, et qui pourrait avoir de l'action sur la substance qu'il renferme.

636. Ces variations brusques de température sont d'ailleurs toujours très-nuisibles aux creusets, et les font très-souvent casser.

637. Un fourneau à soufflet ou à réverbère dans les dimensions de celui qui est décrit 163, fournit la plus haute température à laquelle un creuset puisse être élevé, pourvu que ce dernier n'ait pas plus de trois pouces à trois pouces et demi de hauteur, et environ deux pouces de diamètre, qu'il soit placé à deux pouces de la grille, entouré complètement, et recouvert de charbon. L'on sent la nécessité d'avoir dans ce cas des supports et des couvercles qui résistent parfaitement à

la chaleur. Les meilleurs supports seraient sans doute des creusets cylindriques de Hesse ou de Cornouailles, ayant deux pouces de hauteur. A défaut de creusets de cette forme on peut prendre ceux de la forme ordinaire. Après en avoir choisi un d'une grandeur convenable, on le renverse dans le fourneau; de manière que le creuset que l'on veut chauffer soit posé sur le fond du premier; mais comme le fond en est ordinairement étroit et inégal, il faut luter les deux creusets l'un sur l'autre au moyen d'une très-petite quantité d'argile, de manière à ce qu'ils ne forment qu'une seule pièce; avoir soin de les laisser sécher pendant un jour ou deux avant de s'en servir.

638. Il est en général plus difficile de se procurer des couvercles; car les creusets de Hesse n'en sont pas ordinairement pourvus, et ceux qu'on peut faire avec d'autres terres n'offrent pas toute la sécurité convenable. Cependant il est des circonstances où la matière doit être mise soigneusement à l'abri de l'action de l'air et de celle du combustible. Ce qu'il y aurait de mieux à faire dans ce cas serait de recouvrir le creuset avec un creuset un peu plus grand, et de les luter l'un sur l'autre avec de l'argile; mais si l'on tenait à n'avoir pas un aussi grand volume à chauffer, ce qui est toujours un obstacle lorsqu'on veut obtenir la plus haute température possible; l'on pourrait prendre pour couvercle un creuset plus petit, dont les bords entreraient dans l'autre; et l'on garnirait encore l'intervalle avec de l'argile. Seulement, dans ce cas, il arriverait que la chaleur, en desséchant fortement l'argile, y ferait naître des fissures par lesquelles pourrait s'introduire la cendre mise en mouvement par le courant d'air dans l'intérieur du fourneau.

639. Le meilleur moyen que l'on ait trouvé jusqu'à présent consiste à faire une pâte dure avec de l'argile très-réfractaire (1); on l'étend de manière à lui donner un quart de pouce d'épaisseur, puis en prenant un morceau plus large que l'ouverture que l'on veut fermer, on l'applique sur le creuset dans lequel on la force à entrer, à l'aide d'une pression exercée sur elle avec un couvercle de creuset ordinaire. On luté alors soigneusement le creuset avec son couvercle, et l'on fait sécher le tout fortement avant de l'exposer à l'action de la chaleur. L'on voit d'après cette disposition, que bien que le couvercle intérieur en argile éprouve un retrait considérable, il pourra, eu égard à la forme conique du creuset, ne pas descendre jusqu'à la matière qu'il renferme, et que si le couvercle supérieur se ramollit et fond par la chaleur, il se trouvera soutenu par celui qui est au-dessous.

640. Quand le creuset est garni intérieurement avec du charbon de bois, et que, par conséquent, la matière est recouverte aussi avec cette substance, l'on peut sans inconvénient se servir d'un couvercle de creuset ordinaire. L'on devra même, toutes les fois que la matière que l'on chauffe n'aura rien à craindre du contact du charbon, la recouvrir avec des fragmens de cette substance pour y placer ensuite le couvercle.

641. Après avoir couvert le creuset, l'avoir fixé sur son support, et laissé sécher convenablement, on le place sur la grille du fourneau; et mettant à l'entour quelques charbons incandescens, on les recouvre de charbon de bois jusqu'à la hauteur de deux ou trois pouces, puis on laisse le feu s'allumer de lui-même;

(1) L'auteur indique l'argile de Stourbridge.

lorsque le creuset est assez échauffé pour n'avoir rien à craindre de l'humidité, l'on ajoute du coke de manière à l'en couvrir complètement; puis on adapte le tuyau de tirage (148).

Quand le coke aura atteint le rouge plein à un pouce ou deux au-dessous de sa surface, on en ajoutera de nouveau jusqu'à ce qu'il s'élève à plus de trois pouces au-dessus du creuset; et remplaçant le tuyau de tirage, on laissera continuer la combustion pendant près d'une heure, temps nécessaire pour que le creuset lui-même parvienne au rouge plein. Pendant cet intervalle, le seul soin à prendre est d'entretenir le feu de combustible en remettant du coke de temps en temps. Lorsque le creuset est tout-à-fait rouge, on enlève le tuyau de tirage, et l'on applique le soufflet, dont on augmente le vent, à mesure que la température s'élève.

642. L'on doit, autant que possible, faire agir le soufflet d'une manière régulière et non intermittente. Il faut aussi, à l'aide d'une tige de fer, réunir de temps en temps le combustible, afin de remplir les espaces vides qui pourraient se former, et faire circuler également l'air dans toutes les parties du foyer. A l'aide de ces précautions, la température s'élèvera d'une manière régulière jusqu'au plus haut degré qu'elle puisse atteindre.

643. Dans les opérations qui, comme la fusion du platine et du rhodium, exigent une température excessivement élevée, il arrive souvent que le creuset ramolli par l'intensité de la chaleur s'affaisse et retombe sur lui-même, ce qui peut occasioner la perte du contenu. Cet effet est quelquefois causé par la pression que le combustible exerce sur le creuset. Dans ce cas, on prend un pot de *faïence anglaise* d'une ou-



verture un peu plus large que le haut du creuset ; on le perce par le fond , puis passant dans le trou une tringle de fer recourbée à son extrémité , on soutient le pot , l'ouverture en bas , à un demi-pouce au-dessus du creuset , qui se trouve ainsi à l'abri de la pression du combustible. Il faut prendre garde que la dilatation de la tringle et du pot qu'elle supporte ne devienne assez considérable pour que ce dernier se trouve en contact avec le creuset. Pour compenser autant que possible cette cause de diminution dans la température du creuset , il est nécessaire d'y maintenir le combustible à une hauteur considérable autour du pot qui le protège , et de faire agir le soufflet un peu plus souvent. Nous avons , à l'aide de ce moyen , conservé beaucoup de creusets qui , autant qu'il est permis de le supposer d'après des expériences antérieures , n'auraient pas résisté sans cette précaution.

644. Lorsque l'on considère l'opération comme terminée , il faut retirer le soufflet et laisser baisser un peu la température avant de déranger le creuset ; autrement on aurait de la peine à supporter la chaleur , et le creuset se trouve d'ailleurs tellement amolli qu'on s'exposerait à l'écraser. Le refroidissement complet dans le fourneau n'offre aucun inconvénient , et souvent même présente de nombreux avantages.

645. Quel que soit le fourneau qu'on emploie , il ne faut jamais se servir des pincettes qu'avec beaucoup de précaution pour toucher aux creusets , afin d'éviter de perdre une partie de la substance qu'ils contiennent , ou d'y introduire aucune matière étrangère ; si l'on saisit par le bord un creuset contenant des substances d'une grande pesanteur , il ne faut pas l'enlever trop perpendiculairement , de peur qu'il ne se brise sous le poids.

646. Les remarques suivantes qui ont rapport aux opérations que nous venons de décrire ne seront pas sans quelque utilité. S'il s'agit de calciner un mélange pour l'analyser, ou de faire sécher les produits d'une analyse, il suffit de mettre la substance dans un creuset de platine couvert, et de le chauffer au rouge ordinaire, soit à la lampe, soit au fourneau de charbon de bois.

Lorsque la substance doit être pesée, ou qu'on veut vérifier la perte de poids, il faut d'abord tarer le creuset, le peser ensuite avec la substance qu'il contient, puis le chauffer et le peser de nouveau pour s'assurer de la perte; après quoi on enlève la substance, et l'on pèse le creuset pour la dernière fois, afin de voir si la tare est toujours la même. Si c'est une substance qu'il soit nécessaire de faire sécher, par exemple, de la silice, on la fait chauffer avec soin, puis on la pèse avec le creuset; enlevant ensuite la substance et essuyant bien le creuset, l'on vérifie la diminution du poids. Il vaut mieux employer ce moyen que de verser la substance immédiatement dans le plateau de la balance. Si la substance que l'on veut fondre ou dessécher est sujette à décrépiter, l'on doit commencer par la pulvériser. Cependant dans les expériences peu délicates, on peut se contenter de couvrir le creuset.

647. Lorsque l'on a pour objet de faire agir plusieurs corps les uns sur les autres, il faut, après avoir chargé le creuset, le faire chauffer graduellement, et ne se servir de flux que le moins possible; car bien qu'ils aident puissamment à la réduction des substances métalliques, ils corrodent et affaiblissent les creusets, comme nous l'avons déjà dit (608). Lorsque l'on fait des alliages, il faut avoir soin d'agiter les métaux en-

semble; car, dans quelques cas, lors même que les substances paraissent miscibles, il y a entre leurs molécules, comme l'a démontré M. Hatchett (1), une grande tendance à se séparer. Dans la préparation des alliages et dans la fusion de quelques métaux, il est bon, pour empêcher l'oxidation, de couvrir la surface du métal avec des morceaux de charbon de bois; on met alors sur le charbon un couvercle qui puisse empêcher l'accès de l'air et prévenir la combustion autant que possible.

648. Les flux sont d'un usage souvent indispensable pour faciliter l'action chimique des composés métalliques à de très-hautes températures. Ils servent à garantir la substance du contact de l'air, à dissoudre les impuretés qui sans leur secours seraient infusibles, enfin à mettre en contact avec la substance sur laquelle on opère, des agens actifs tels que le charbon, et d'autres substances capables de les réduire.

649. Le flux blanc est le produit de la déflagration d'un mélange de parties égales de nitre et de crème de tartre; on l'opère dans un grand creuset de terre, chauffé au rouge à sa partie inférieure. Pour éviter toute espèce d'explosion, il faut avoir soin d'introduire le mélange dans le creuset par petites portions et attendre que la combustion de la première soit presque entièrement terminée, avant d'en introduire une seconde. En retirant le flux du creuset, il faut en séparer la portion qui s'est trouvée en contact avec les parois du vase, car elle contient presque toujours quelques parties terreuses, qui provenant du creuset pourraient occasioner des erreurs dans des opérations délicates. Ce flux doit être conservé dans un vase clos ou dans un flacon bien

(1) Philosophical transactions, 1803.

bouché. Il consiste presque entièrement en carbonate de potasse ; l'acide nitrique du nitre et l'acide tartarique combustible du tartre ayant tous deux été détruits dans l'opération , qui n'a réellement pour but que d'obtenir du carbonate de potasse des deux sels indiqués. Ce flux désagrège la plupart des matières terreuses ou pierreuses , dissout la silice , sépare l'acide et le soufre des métaux , aide à l'oxigénation de quelques-uns , et dissout le plus grand nombre des oxides métalliques. Quand on emploie le charbon concurremment avec le flux , il en décompose quelques portions , et donne du potassium , qui se combine quelquefois avec les métaux qu'il recouvre ; c'est ainsi qu'on peut allier l'antimoine , le bismuth , et quelques autres corps métalliques , avec le potassium (1).

650. Le flux noir s'obtient d'un mélange d'une partie de nitre et de deux parties de tartre brut , mis en déflagration comme le précédent dans un creuset , en ayant soin de ne pas élever la température au-dessus du point nécessaire pour opérer une faible combustion. Selon la quantité de tartre que l'on aura employée , ce flux contiendra plus ou moins de charbon , résultant de la décomposition de l'acide tartrique ; c'est en cela seul qu'il diffère du flux blanc ; le charbon , en absorbant l'oxigène , aide souvent à la réduction des oxides métalliques. Ce flux fournit du potassium de même que le précédent.

651. Le tartre brut ou la crème de tartre décomposée par la chaleur donne un carbonate de potasse charbonneux , que l'on emploie souvent avec avantage comme flux , à cause de la facilité avec laquelle on peut le mêler avec la substance pulvérisée , lorsqu'il est en-

(1) Sérullas, Journal de physique , xci, 123, 170; xcii, 115.

core à l'état de tartre. La combinaison intime qui existe entre le charbon et la potasse qui forment ce flux produit un dégagement considérable de potassium, ce qui, dans un grand nombre de cas, est la cause principale de la réduction.

652. Le nitre ayant la propriété de communiquer de l'oxygène à certains métaux, on l'emploie fréquemment pour les convertir en oxides. On n'en sépare point la potasse, parce qu'elle agit comme fondant sur les oxides produits par l'oxygène de l'acide nitrique, ce qui dispense de l'emploi d'un autre flux. Lorsqu'il s'agit de substances se combinant facilement avec l'oxygène, il faut ajouter le nitre par petites portions et avec précaution, afin de ne point occasioner d'explosion violente.

653 et 654. Le borax étant un sel fort cher (1), on ne l'emploie que rarement comme flux, seulement pour purifier ou faire fondre les métaux les plus précieux, tels que l'or, le rhodium, etc. Il dissout en général promptement les oxides métalliques, et cependant il n'agit pas aussi rapidement sur les creusets de terre que la potasse ou les flux alcalins contenant du carbonate de potasse. Il n'a, pour ainsi dire, aucune action sur les creusets d'argent, d'or ou de platine.

655. Le flint-glass commun est, dans bien des cas, un excellent flux, et n'a que très-peu d'action sur les creusets de terre. Mais il contient beaucoup d'oxide de plomb, qui se réduit, s'il y a présence de charbon ou de quelque substance combustible, et même par le seul accès de la fumée. Divers métaux, tels que le fer, le zinc, etc., et plusieurs minerais, réduisent aussi le plomb en partie, ce qui altère la pureté du culot métallique qui se forme au fond du creuset.

(1) Ce sel est actuellement à très-bas prix dans le commerce.

656. Le verre vert de bouteille s'emploie avec succès comme flux dans les températures élevées, mais il est susceptible de se réduire partiellement dans certains cas; on a même observé des traces de silicium et d'aluminium dans du fer, après l'avoir chauffé avec ce flux.

657. Tantôt on mélange les flux pulvérisés avec la substance que l'on veut réduire, tantôt on les introduit par petites portions dans le creuset après y avoir mis la substance. Il faut choisir entre ces deux méthodes, d'après la nature de la substance du flux, et de l'action chimique qu'ils peuvent exercer l'un sur l'autre. Lorsqu'on soumet le creuset à l'action de la chaleur, il faut avoir soin que le feu soit modéré et l'action chimique peu violente, afin d'éviter que l'ébullition, qui a toujours lieu en conséquence du dégagement des gaz et des vapeurs humides, ne projette hors du creuset une portion du flux et même une grande partie de la substance. Si, pour éviter cet inconvénient, tout le mélange n'a pas été mis à la fois dans le creuset, on ajoute de nouvelles portions, à mesure que l'effervescence diminue. Lorsque le creuset est rempli, et que l'agitation intérieure a cessé, on élève la température jusqu'à entière fusion du métal. Mais si l'action continue, il faut chauffer modérément jusqu'à ce que l'effervescence du flux se soit apaisée: car c'est en général l'indice auquel on reconnaît que la réaction chimique est terminée.

658. Les métaux étant presque toujours à l'état d'oxide, leur réduction exige souvent l'emploi du creuset. Le carbone, sous une forme quelconque, est l'agent auquel on a le plus généralement recours: c'est pour cette raison que le tartre et le flux noir sont si précieux comme flux. Souvent on ajoute du charbon à

l'oxide qu'on veut réduire, en quantité beaucoup plus grande qu'il ne se trouve dans le flux; quelquefois même on n'emploie pas de flux du tout, parce qu'il pourrait devenir nuisible à cause de son affinité avec les oxides, et qu'il s'opposerait ainsi à leur réduction. Un creuset de charbon de bois, ou seulement garni de charbon de bois, suffit quelquefois pour réduire certains oxides, celui de fer, par exemple (1); la désoxidation des sulfates et leur conversion en sulfures peut s'opérer de la même manière (2). Lorsque les oxides sont infusibles et cependant ne peuvent être réduits à l'aide de cette espèce de cémentation, on peut pulvériser le charbon de bois, le mêler avec l'oxide, et introduire ce mélange dans le creuset. C'est alors qu'il faut se servir de préférence des creusets garnis intérieurement d'une couche mince de charbon de bois (connus sous le nom de creusets brasqués).

Il existe quelques substances qui, dans certains cas, sont encore préférables au charbon comme agens de réduction, soit parce qu'elles se mélangent plus parfaitement avec les oxides pulvérisés, soit parce qu'elles sont liquides ou le deviennent par l'action de la chaleur; étant d'ailleurs susceptibles d'être absorbées, elles se répandent dans toute la masse que l'on veut réduire, et, en se décomposant, laissent du charbon partout où elles ont pénétré; mais il faut qu'elles puissent supporter une très-haute température sans se vaporiser, et qu'elles laissent beaucoup de carbone après leur décomposition. Tels sont l'amidon, la gomme, le sucre, la cire, le spermacéti, l'huile, la graisse, le goudron et la poix.

(1) Berthier, Annales de chimie, xxvii, 24. — (2) Journal des mines, vii, 421,

## SECTION XIV.

*Opérations à l'aide des tubes à fourneau.*

660. Dans les opérations qui font l'objet de ce chapitre, une grande élévation de température n'est pas moins nécessaire que pour les précédentes, mais comme les substances s'y présentent à l'état de gaz ou de vapeur, il a fallu adopter des appareils d'un autre genre pour les renfermer et les soumettre à l'action de la chaleur.

On se sert ordinairement de tubes au moyen desquels on puisse exposer les gaz ou les vapeurs à une haute température, les faire passer sur un corps solide ou liquide préalablement chauffés. Sous ces deux rapports les méthodes que nous allons décrire sont d'une application non moins fréquente qu'avantageuse.

661. Il faut avoir dans un laboratoire des tubes pour chaque genre d'opérations. Ceux de verre résistent fort bien à une haute température; ils sont, il est vrai, sujets à se fendre au feu; mais on remédie en partie à cet inconvénient en ayant le soin de les luter avant de s'en servir, de la même manière que les cornues de grès (455, 996). Outre les précautions que nous avons recommandées en parlant des cornues, il est bon, après avoir étendu le lut sur le tube, de l'envelopper d'une longue bande de toile claire (1005), qui maintiendra le lut pendant la dessiccation et l'empêchera de se fendre. Nous avons déjà parlé de la



porosité des vases de terre (453, 455) : lorsque l'opération exige que l'on se serve de tubes semblables, il faut autant que possible remédier à cet inconvénient en lavant le tube avec du borax, etc., comme nous l'avons indiqué(455); mais quand la perte d'une partie du gaz est de peu d'importance, par exemple lorsqu'on le fait passer dans le tube pour opérer sur la substance qui y est renfermée, sans égard à sa quantité, alors la porosité est un léger inconvénient. Les tubes de Wedgewood sont d'une terre fort pure, mais ils sont sujets à se fendre. Les tubes faits avec la terre qui sert à la fabrication des creusets anglais ordinaires ne sont pas aussi sujets à ce défaut, mais sont plus poreux. Enfin les tubes de mine de plomb ou d'un mélange d'argile et de plombagine sont les moins sujets à se fendre, mais quelquefois ils communiquent du fer et sont d'ailleurs très-poreux. On courbe souvent ces diverses espèces de tubes par le milieu en leur donnant la forme d'un U étroit, ce qui permet de les introduire facilement dans l'ouverture des fourneaux ordinaires.

Lorsque les tubes ne seront pas courbés, il convient de les préserver au moyen d'un demi-cylindre de fer-blanc sur lequel on les place, et quelquefois même de les faire passer au travers d'un cylindre de tôle roulée grossièrement en forme d'étui.

662. Les tubes de fer sont d'un fréquent usage, et un canon de fusil de grandeur convenable est généralement ce qu'il y a de mieux en ce genre. Si l'on a besoin de tubes plus gros ou plus petits, il faut qu'ils soient forgés exprès. Quand les tubes de fer sont destinés à subir une longue opération ou une température au-dessus de la chaleur rouge, il faut les garantir de l'action immédiate du feu, soit en les lutant (661),

soit en les passant dans un tube de plombagine. On emploie ordinairement des tubes de fer pour la décomposition de l'eau, de la potasse par le charbon ou par le fer, ou pour la décomposition des gaz qui ont peu ou point d'action sur ce métal, comme l'ammoniaque, l'hydrogène carboné, et les substances organiques telles que l'huile, etc.

663. On ne peut guère se passer dans un laboratoire d'un tube de platine, tant à cause de la haute température qu'il peut supporter que du petit nombre de substances sur lesquelles il agit; il y a d'ailleurs plusieurs mélanges qui ne peuvent être chauffés dans aucune autre espèce de tubes. Le chlore, le soufre et les métaux sont presque les seuls corps qui l'attaquent; mais l'oxygène et les gaz acides n'ont aucune action sur lui. Les meilleurs sont les tubes tirés à la filière et sans soudure sur le côté, mais ils coûtent fort cher. Ceux qui sont formés d'une feuille de platine roulée et soudée avec de l'or, ne supportent pas une température aussi élevée que les premiers, et il est malheureusement impossible de les joindre solidement sans employer de soudure. On se sert souvent avec avantage du tube de platine en guise de cornue en employant un bouchon de même métal qui s'adapte à volonté à une des extrémités du tube.

664. Un tube de cuivre percé au foret peut quelquefois servir à remplacer le tube de platine, lorsque la température ne doit pas être fort élevée, et qu'il s'agit d'une substance qui n'a aucune action sur le cuivre.

665. Les tubes de verre sont peut-être ceux dont l'utilité est la plus générale, ils procurent la facilité de suivre l'opération dans l'intérieur du tube jusqu'à la chaleur rouge. La plupart des espèces de verre ré-

sistent à l'action du plus grand nombre des agens chimiques avec lesquels ils peuvent se trouver en contact pour ce genre d'opérations. Les meilleurs tubes sont ceux en verre vert; ils demandent à être chauffés avec beaucoup de soin, mais ils résistent à l'action de la chaleur et des agens chimiques beaucoup mieux que ceux de cristal. Ces derniers sont composés en grande partie d'alkali et d'oxide de plomb, substances qui sont attaquables par bien des corps dans la plupart des expériences. Ils s'amollissent d'ailleurs, se dilatent facilement et se déforment à la chaleur rouge, mais ces inconvéniens se trouvent balancés en partie par la facilité avec laquelle on peut se les procurer partout, et par l'avantage qu'ils ont de pouvoir s'étirer et se façonner à lampe lorsqu'il sont d'une petite dimension, tandis que les tubes de verre vert sont très-rares. On peut luter les tubes de verre comme ceux de terre pour en augmenter la force, mais il est quelquefois si avantageux de pouvoir observer l'action intérieure, qu'un support formé d'une moitié de cylindre de fer-blanc ou de terre est presque toujours ce qu'il y a de mieux.

666. Les moyens de faire communiquer les tubes, lorsqu'ils sont soumis à l'action de la chaleur, avec les divers appareils servant à introduire ou à recevoir les gaz, varient suivant la nature du tube. Ses extrémités doivent dépasser le fourneau de manière à rester à une température modérée ou même être refroidies selon le besoin, ce qui ne se fait avec sûreté que sur les tubes de métal, et dans ce cas même il faut agir avec précaution. Avec les tubes métalliques, il est facile d'établir des moyens de communication en fixant aux deux extrémités, à l'aide d'une soudure quelconque,

des ajutages à vis ou à frottement ; l'on arrête alors la transmission de la chaleur à l'aide de rondelles de carton (778), car le cuir huilé, qui semblerait pouvoir remplir le même but, se décompose et se détruit facilement. Il convient pour beaucoup d'opérations de fixer aux extrémités des canons de fusil des robinets terminés en douille, auxquels on adapte des tubes de bois portant une vis à leurs extrémités. Ce mode d'ajutage est d'autant plus avantageux qu'il empêche la transmission de la chaleur.

667. Avec les tubes de terre ou de verre dont les extrémités ne sont pas trop échauffées, on peut se servir d'un bouchon percé, d'un tube de caoutchou (416) ou de l'un des moyens déjà indiqués, ou qui le seront dans les paragraphes suivans sur la manipulation des gaz et sur les luts et cimens. Si les extrémités sont chaudes, il faut avoir recours à l'un des expédiens décrits dans le paragraphe précédent.

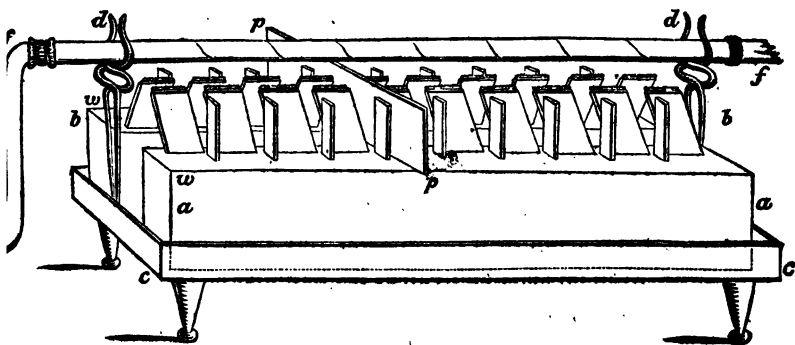
668. Quand on veut faire passer des vapeurs dans l'intérieur d'un tube échauffé, il faut les obtenir au moyen d'une petite chaudière ou d'une cornue communiquant à l'une des extrémités du tube. Dans ce cas, le tuyau de jonction doit être de nature à supporter la chaleur nécessaire pour la formation de la vapeur, et doit être enveloppé de cuir ou de papier (430), afin de prévenir autant que possible la condensation de la vapeur.

669, 670 et 671. L'on peut chauffer les petits tubes de verre fort courts à la lampe à esprit de vin, et ceux d'une dimension un peu plus considérables à la lampe à huilé (189). On fait alors passer le tube par les trous qui sont pratiqués dans la cheminée, précisément au-dessus du sommet de la flamme, ou bien on les recourbe

ainsi U, de manière à les faire descendre dans la cheminée jusqu'à ce que la partie inférieure du tube soit exactement au-dessus de la flamme. Les lampes à huile à doubles mèches concentriques (190) et la grande lampe à esprit de vin (182, 183) servent ordinairement à ce genre d'opérations.

672. La meilleure de toutes les lampes pour élever les tubes à une haute température est celle inventée par M. Cooper, et qui est représentée dans la figure ci-jointe. Elle consiste en un plateau de 10 à 11 pouces de long, élevé sur quatre pieds, et ayant sur toute sa longueur une ouverture d'un 0,8 ou 0,9 de pouce de largeur. A chaque extrémité est un support en fil de fer pouvant s'ajuster à toutes les hauteurs voulues, et recourbé par le haut de manière à retenir les tubes dans une position horizontale.

Deux lampes placées en regard sur le plateau, de chaque côté de l'ouverture, portent chacune dix becs formant des parallélogrammes inclinés en sens opposés, qui se rapprochent au-dessus de l'ouverture, comme on peut le voir dans la figure. Les becs ayant 0,8 de



pouce de hauteur sur un demi-pouce de large, sont distans les uns des autres d'environ 6 lignes, et le plateau est disposé de manière à permettre de rapprocher ou de séparer les deux lampes selon le besoin. Entre les becs s'élèvent de petites cloisons verticales : chaque lampe a son tuyau alimentaire particulier, enfin les becs sont munis de couvercles pour empêcher l'évaporation de l'alcool. L'appareil est en fer-blanc et en fil de fer.

673. Pour garnir les lampes, on prend des mèches de lampe d'Argand que l'on coupe en deux sur la longueur, en ne leur conservant que la largeur nécessaire pour pouvoir entrer dans les becs. On introduit d'abord l'extrémité cirée jusqu'à ce qu'elle touche le fond de la lampe, puis l'on coupe avec des ciseaux l'excédant du coton. Couvrant alors les becs de leur couvercle, on remplit la lampe d'alcool aux deux tiers ou aux trois quarts par le tuyau alimentaire.

674. Avec ce fourneau-lampe, on peut, dans quelques minutes, chauffer au rouge plein un tube de platine d'un demi-pouce de diamètre. Il suffit de le placer sur les deux supports en fil de fer, ajustés de manière à le soutenir à environ un pouce au-dessus du double rang de mèches, puis d'allumer la lampe en disposant les mèches pour que la flamme entoure le tube à une distance d'à peu près un demi-pouce. Les deux rangs de mèches doivent être assez éloignés l'un de l'autre pour que l'air venant de dessous le plateau puisse circuler librement et exciter la combustion. En raison de l'inclinaison des becs et de leur disposition en sens contraire, les flammes se réuniront au-dessus de l'ouverture, et formeront, avant d'ar-

river au tube, une ligne large et continue d'une chaleur fort intense. Il est évident qu'en n'allumant qu'une partie des becs, et laissant les autres munis de leurs couvercles, on peut porter en un moment une certaine portion de tube à une température fort élevée.

675. Si l'on veut chauffer successivement les différentes parties d'un tube, il faut découvrir tous les becs, en allumer autant qu'il sera nécessaire, et empêcher que la flamme ne se communique aux autres, en plaçant en travers des lampes, au-dessous du tube, une lame de fer-blanc d'environ trois quarts de pouce de hauteur, qui sera soutenue par les becs et par les petites cloisons verticales dont nous avons parlé. Cette séparation temporaire se transportera plus loin à mesure qu'on voudra allumer un plus grand nombre de becs, et si les premiers allumés deviennent inutiles, on se servira d'une séparation semblable, et l'on pourra les éteindre en soufflant dessus. (*Voyez la figure 672.*)

676. Dans quelques lampes construites par M. Cooper, chaque bec a son réservoir particulier d'alcool, de sorte qu'au lieu d'une longue lampe comme celle que nous venons de décrire, ce n'est plus à proprement parler qu'une réunion de petites lampes parfaitement indépendantes entre elles. Lorsqu'on ne veut chauffer qu'une certaine portion d'un tube, on n'allume que quelques-unes de ces lampes, et comme elles se déplacent aisément, il est facile, sans allumer les autres, de chauffer successivement toutes les parties du tube.

677. Lorsque le tube que l'on veut chauffer est d'une longueur considérable, on peut, sans inconvé-

nient, placer à la suite les uns des autres plusieurs fourneaux-lampes, et obtenir ainsi une ligne de chaleur aussi prolongée qu'on peut le désirer; mais si le tube ne doit être chauffé que par portions successives, une seule lampe peut suffire, il ne faut qu'avancer graduellement le tube sur les supports.

678. Avec les petits tubes de métal et les tubes de verre de moyenne grosseur, il suffit ordinairement d'un seul rang de mèches, mais alors il faut avancer la lampe un peu plus vers le milieu du plateau, afin que la flamme s'élève précisément au-dessous du tube.

Lorsqu'il n'est pas nécessaire de voir dans l'intérieur du tube que l'on chauffe, il est bon de le protéger au moyen d'une enveloppe de cuivre. Cette enveloppe soutient le verre lorsqu'il s'amollit par l'extrême chaleur, l'empêche de se boursoufler par la pression des gaz, entretient une chaleur uniforme à l'intérieur du tube, et sur toute la surface. Echauffant d'ailleurs graduellement les parties non encore exposées à la flamme, elle les prépare à son action, de sorte que l'on évite tout changement subit de température, et le tube court beaucoup moins de risques de se briser. La feuille de cuivre qui forme l'enveloppe doit avoir d'un pouce à un pouce et demi de large, et être assez mince pour que trente fois son épaisseur ne présente pas plus d'un dixième de pouce. On commence par en faire un petit rouleau que l'on fait chauffer au rouge brun pour ôter au cuivre la raideur que lui donne le laminoir; lorsqu'il est refroidi on le déploie, puis on l'applique en spirales sur le tube que l'on veut chauffer, coupant ensuite l'excédent du cuivre, on l'arrête sur le tube au moyen d'un tour ou deux de fil métallique très-fin.



679. Avec ou sans enveloppe, les tubes de verre doivent être supportés par le milieu si l'on ne veut pas s'exposer à les voir se courber. On se sert ordinairement, pour cela, de supports mobiles formés avec un fil de fer fixé verticalement sur une base en plomb, et portant un anneau ou un croissant à son extrémité supérieure. On fait passer la tige de fer dans l'ouverture du plateau, de manière à pouvoir la diriger le long du tube à l'endroit où son appui peut être nécessaire. Ces supports peuvent encore servir lorsqu'on veut chauffer des tubes très-courts bouchés à une extrémité, et même des tubes de forme irrégulière.

680. Lorsqu'on veut faire passer des gaz ou des vapeurs à travers des tubes, à une haute température, afin d'en effectuer la décomposition, il est avantageux d'augmenter la surface du contact, et de diviser le courant intérieur. On se sert à cet effet de fragmens de cristal de roche ou de pierre à fusil, plus ou moins gros suivant le diamètre du tube, et suivant le dépôt que doit produire la décomposition. Après avoir fait entrer par l'une des extrémités du tube un bout de fil métallique tortillé, on introduit par l'autre quelques-uns des fragmens les plus gros, qui portent sur le fil métallique, et reçoivent à leur tour les morceaux de moindre grosseur. Pour fixer le tout dans le tube on le recouvre avec d'autres fragmens grossiers, et un nouveau bouchon de fil métallique. Il faut avoir soin que ce dernier ne puisse exercer aucune action chimique nuisible à l'expérience; aussi le place-t-on ordinairement en dehors de la partie du tube qui doit être soumise à l'action de la chaleur. Le fil de platine est sans contredit le meilleur que l'on puisse employer à cet usage.

681: Il est quelques substances qui peuvent avoir une influence singulière sur la décomposition, et même la combinaison des corps gazeux et des vapeurs, quoiqu'elles n'offrent aucune tendance apparente à se combiner avec leurs composés ou leurs élémens; c'est ainsi que des tubes de différentes substances agissent diversement sur les gaz avec lesquels on les met en contact. Si, par exemple, on fait passer du gaz ammoniaque dans un tube de fer chauffé au rouge, il se décomposera facilement en gaz azote et hydrogène; mais si, comme l'a démontré M. Gay-Lussac, on le fait passer à travers un tube de verre, il résiste à une température égale, et même beaucoup plus élevée, sans éprouver aucun changement sensible: on peut profiter de l'effet ainsi produit par différentes substances sans qu'il soit nécessaire d'employer des tubes qui en soient formés; il suffit, pour cela, d'introduire ces substances dans des tubes de verre, de la manière déjà indiquée pour le cristal de roche. Ainsi, avec un tube de verre rempli de tournure de fer, on obtiendra la décomposition de l'ammoniaque aussi bien que si le tube lui-même eût été de fer.

682: Le pouvoir du platine en éponge est tel, qu'il occasionne la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène, même à la température ordinaire, et qu'il produit combustion et détonation. Lorsqu'il a été mêlé à des substances terreuses, pour affaiblir son action, on lui restitue tout son pouvoir si l'on élève sa température. Le platine à l'état d'éponge produit également la combinaison de l'oxygène et de l'oxide de carbone à la température ordinaire, ainsi que la décomposition de l'acide nitreux par l'hydrogène, et la combinaison des deux élémens du gaz oléfiant avec l'oxygène, à une

température au-dessus de 300°. On trouve de plus amples détails sur ce pouvoir des métaux dans le travail de MM. Dulong et Thénard, inséré dans les *Annales de chimie*, xxiii, 440.

683. Lorsqu'on fait passer de l'eau en vapeur dans un tube contenant du fer élevé à une température rouge, elle se décompose, le métal s'oxide ; et le gaz hydrogène se dégage : dans ce cas, plus la température est élevée plus l'action est rapide. La vapeur ne doit arriver que par petites quantités, parce qu'un courant trop rapide abaisserait la température du tube. Le courant sera toujours assez fort lorsque la moitié ou le tiers seront décomposés. Pour les expériences en petit, on se sert ordinairement de tournure de fer, après l'avoir battue dans un mortier. Elle se tasse facilement, présente beaucoup de surface, et conserve au gaz un passage toujours libre.

684. On peut décomposer de la même manière les vapeurs d'alcool et d'éther. Dans ce cas, le fer, sans être indispensable, aide cependant beaucoup à la décomposition ; mais il faut employer en outre du cristal de roche ou toute autre substance, pour offrir au gaz une plus grande étendue de surface échauffée. Les résultats varient avec la température ; mais la presque totalité de la vapeur introduite doit être ordinairement décomposée. On obtient cette vapeur au moyen d'une chaudière ou d'une cornue, à laquelle on peut adapter des tubes de caoutchouc, même avec l'éther.

685. L'acide nitreux, le gaz oléfiant et quelques autres gaz, peuvent se décomposer lorsqu'on les fait passer au travers de tubes convenablement chauffés. Si l'on veut s'en tenir aux faits principaux de l'expérience, il suffit d'introduire les gaz de l'appareil qui les dégage, d'une

vessie ou d'un sac de caoutchouc impénétrable à l'air (769, 770), directement dans le tube, et se servir de récipients semblables pour recueillir le produit de l'expérience à l'autre extrémité; mais s'il est nécessaire de faire des expériences exactes sur des quantités déterminées, il faut, pour éviter toute perte, faire communiquer le tube avec deux gazomètres à mercure.

686. Il est plusieurs oxides que l'on peut réduire entièrement ou en partie dans des tubes, à l'aide de certains gaz et d'une haute température. La meilleure manière d'obtenir, par exemple, le protoxide de manganèse, de son peroxide ou d'un oxide précipité d'un sel pur, est de le soumettre à l'action d'un courant d'hydrogène, à une chaleur rouge. Les progrès du changement qui s'opère d'un bout à l'autre du tube se font apercevoir d'une manière remarquable. Il est souvent très-utile de traiter ainsi les oxides de titane, de tungstène, de chrome, de fer, etc.; indépendamment de l'hydrogène, on peut employer encore plusieurs autres corps capables d'opérer aussi la réduction des métaux. L'ammoniac possède un pouvoir égal à celui de l'hydrogène; quelquefois même supérieur à celui de ce gaz pur, parce qu'il fournit à la substance l'hydrogène à l'état naissant. Lorsqu'on suppose que les matières carbonées peuvent favoriser l'effet qu'on se propose, on peut employer les vapeurs de l'alcool, de l'éther, de la naphthaline, du camphre, etc.

687. Les tubes peuvent encore, avec le secours de la chaleur, servir avec beaucoup de succès pour effectuer un grand nombre de combinaisons. C'est ainsi que l'on combine facilement l'oxigène avec la baryte, pour former le peroxide de baryum. La chaleur doit, dans ce cas, être portée au rouge-brun, et aucune

portion d'oxygène ne sortira du tube avant que la totalité de la substance alcaline soit peroxydée. Ainsi il n'est pas nécessaire que l'extrémité du tube par laquelle doit sortir l'oxygène soit adaptée à aucun appareil; il suffit seulement d'en approcher de temps à autre une allumette enflammée, et lorsque la présence de l'oxygène pur se manifeste, l'opération est terminée.

688. On peut encore combiner le soufre avec le platine, et le phosphore avec la chaux, dans des appareils de ce genre. Le platine à l'état d'éponge, ou la chaux vive, étant introduits dans le tube, on le chauffe jusqu'au rouge obscur; il doit être légèrement incliné, et son extrémité supérieure assez éloignée du fourneau ou de la lampe pour rester à une basse température. Cette partie doit encore être recourbée en dessus, et munie d'un bon bouchon à l'ouverture supérieure. Lorsque le tube est suffisamment chauffé, on introduit par cette extrémité un morceau de soufre, dans l'un des cas, et de phosphore dans l'autre, et l'on referme aussitôt l'appareil. Au moyen de la flamme d'une petite lampe à esprit de vin, on fera fondre la substance, qui coulera vers la partie chaude, où elle se réduira graduellement en vapeurs; et quoique (ce qui d'ailleurs est de peu d'importance) une portion de cette substance puisse rétrograder, la majeure partie n'en atteindra pas moins le platine ou la chaux qui sont dans l'intérieur; il sera facile alors de distinguer les progrès de la combinaison qui s'opérera. Lorsque la première portion de la substance sera combinée, on en introduira une seconde, ayant soin de fermer et d'ouvrir rapidement l'ouverture de manière à ne point introduire de courant d'air dans le tube: on continuera de procéder ainsi jusqu'à ce que la

substance soit entièrement convertie en *sulfure* ou en *phosphure*. On conçoit qu'il faut apporter beaucoup de soin dans le maniement du phosphore. Il faut l'introduire par fragmens d'un tiers ou d'un demi-pouce de longueur dans des tubes d'un demi-pouce de diamètre. Après les avoir bien séchés, on y introduit rapidement le phosphore en se servant de petites pincettes, dans la crainte que la température du tube ne suffise pour les enflammer. Pour sécher le phosphore, il faut l'envelopper de deux ou trois plis d'étoffe ou de papier à filtrer, et avoir soin de presser légèrement, mais non de comprimer violemment chaque partie de sa surface; lorsqu'il est sec, il ne faut point le tenir à découvert sur la main, mais l'enfermer dans un morceau de drap ou de papier, d'où on le retire ensuite avec les pincettes. Cette opération ne doit se faire qu'à quelque distance du fourneau ou de la lampe; et le transport du phosphore au tube doit être fait avec autant de promptitude que d'attention, afin qu'il n'ait pas le temps de s'enflammer avant d'être rendu à sa destination.

689. Le titane peut être combiné avec le chlore, en faisant passer ce gaz sur le métal dans un tube exposé à une forte chaleur (1). Les terres alkalinées se décomposent de la même manière; l'oxygène alors se dégage, et leurs bases restent combinées avec le chlore (2). Enfin, à l'aide de ces appareils, on exécute un grand nombre d'autres opérations chimiques de la plus haute importance de la manière la plus convenable pour en suivre tous les progrès. Lorsque la substance dont on se sert est fixe ainsi que le produit

(1) M. George, *Annals of philosophy*, N. S., ix, 18.

(2) Sir H. Davy, *Phil. trans.*

de l'opération, on peut employer de petits récipients de platine; on introduit pour cela dans le tube une feuille de ce métal, ployée en godet, que l'on retire ensuite au moyen d'un fil métallique courbé à son extrémité. Dans la plupart de ces expériences, on peut se servir, avec avantage des tubes de caoutchouc que nous avons décrits plus haut (416).

## SECTION XV.

## MANIPULATION PNEUMATIQUE

OU

MANIÈRE D'OPÉRER SUR LES GAZ.

§ I. *Cuves pneumatiques, cloches, etc.*

690. Le premier appareil nécessaire pour les opérations expérimentales auxquelles ce chapitre est consacré, est la cuve pneumatique avec les cloches qui l'accompagnent. C'est à Priestley que nous devons l'invention de ce précieux instrument et de la plupart de ses accessoires.

691. La cuve pneumatique ordinaire est un vase destinée à contenir de l'eau, et d'une assez grande dimension pour qu'on puisse y puiser avec les plus grandes cloches. Elle est pourvue de tablettes placées au-dessous de la surface de l'eau; ces tablettes servent à supporter les cloches. On peut disposer les cuves de manière à donner à la tablette une étendue considérable tout en laissant assez d'espace à la partie la plus profonde, qu'on peut appeler le réservoir, pour remplir complètement les plus grands vases dont on puisse avoir besoin. Dans tous les cas, il doit y avoir



assez de largeur pour y plonger à la fois deux ou trois cloches, et assez de profondeur pour que les vases ou tubes nécessaires à l'opération puissent être renversés facilement au-dessous de la surface de l'eau. La tablette de cette cuve doit aussi être de grandeur suffisante pour supporter à la fois plusieurs cloches remplies de gaz. Une cuve dans laquelle la surface de l'eau a dix-neuf pouces sur vingt-huit, ayant à l'une des extrémités un réservoir de quatorze pouces sur dix de surface, et de douze pouces de profondeur, portant sur trois de ces côtés une tablette de deux pouces et demi de largeur, suffit à la plupart des opérations.

... Les meilleures cuves sont en cuivre vernissé; elles sont ordinairement supportées sur un châssis de bois à trente-neuf pouces environ au-dessus du plancher. Dans l'intérieur de la tablette sont pratiquées deux entailles, à huit pouces de distance l'une de l'autre, imitant de petits réservoirs d'environ sept pouces de longueur, deux de largeur, et un et demi de profondeur; elles sont placées de manière que l'extrémité arrive à environ un pouce et demi du bord de la tablette le plus éloigné du réservoir. C'est dans ces deux enfoncemens que se placent les cols des cornues d'où se dégagent les gaz que l'on veut introduire dans les cloches, c'est pourquoi il est bon d'avoir à cette extrémité du châssis de la cuve une tablette à charnière retombant le long du châssis, que l'on élève et que l'on fixe à volonté pour y placer un support de cornue ou tout autre appareil nécessaire aux expériences sur les gaz. Cette cuve doit être remplie d'eau jusqu'à un pouce un quart ou un pouce et demi au-dessus de la tablette. Le fond du réservoir doit porter une ouverture fermée au moyen d'un bouchon ou d'un robinet, afin de

donner la facilité de retirer l'eau lorsqu'elle devient sale ou acidulée.

692. On emploie quelquefois le bois à la construction de ces grandes cuves, mais il est si difficile, en raison de la complication de leur forme, de faire parfaitement les joints, qu'elles sont d'un usage peu avantageux. Lorsque l'ensemble de l'établissement chimique est petit, on fait souvent des cuves plus petites, afin qu'elles se trouvent en rapport avec les autres appareils. Les cuves portatives de forme circulaire sont d'une grande utilité. Elles ont ordinairement deux pouces de diamètre, et sont divisées en trois parties. Celle du milieu, ayant sept pouces de profondeur, forme le réservoir, les deux autres, profondes seulement de quatre pouces, servent de tablettes. On place en travers du réservoir une tablette mobile percée de plusieurs trous, qui sert à supporter les cloches lorsqu'on y introduit le gaz.

693. Indépendamment de la cuve principale, la préparation de certains gaz exige plusieurs autres appareils de ce genre, mais de moindre dimension, comme cela a lieu pour le chlore et l'hydrogène sulfuré, qui se dissolvent dans l'eau et corrodent les cuves métalliques.

694. Avec ces petites cuves on se sert de supports pour soutenir des cloches; les meilleurs qu'on puisse employer sont ceux en fer fondu, ayant la forme d'une grille très-ouverte, carrée ou ronde, et élevés sur trois ou quatre pieds. On doit en avoir de différentes hauteurs, depuis un demi-pouce jusqu'à deux pouces. Après les avoir parfaitement séchés, il faut les recouvrir d'une couche de vernis noir, ou bien les faire chauffer presque jusqu'au rouge visible, et les enduire d'huile sur toute

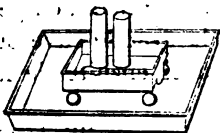
leur surface; l'huile se décompose et laisse le métal recouvert d'un vernis très-solide. Ces supports servent à remplacer les tablettes et à supporter les cloches lorsqu'elles sont remplies d'eau, et sont faits de manière à permettre d'introduire par-dessous le col d'une cornue ou l'extrémité d'un tube.

695. Lorsqu'on se sert de petites cuves, il faut cependant qu'il y ait constamment assez d'eau pour couvrir entièrement les supports. On peut donc y remplir les cloches de petite dimension; mais, en général, il vaut mieux le faire dans la grande cuve ou même dans un seau et les transporter ensuite de la manière que nous décrivons bientôt.

696. Les cuves à eau sont propres à recueillir et à conserver les gaz insolubles ou inaltérables par ce liquide; mais ne peuvent servir pour tous ceux sur lesquels il exerce quelque action, et c'est le plus grand nombre. Le docteur Priestley est le premier qui ait recommandé pour ces gaz l'emploi du mercure; et quoique la pesanteur et l'opacité de ce métal soient un inconvénient, il est encore tellement supérieur à toute autre substance, qu'on l'emploie constamment pour ce genre d'opération. Cependant en raison de sa pesanteur et de son prix, il est nécessaire que les cuves dans lesquelles on l'emploie soient aussi petites que le comportent les expériences; il faut de plus qu'elles soient formées de matières qui puissent résister à l'action de ce métal. On en a fait en bois et en marbre; celles en fonte de fer vernie, qui sont généralement adoptées aujourd'hui, sont bien certainement les meilleures. Ces cuves sont construites d'après le même principe et disposées de même que les cuves à eau.

Avec la grande cuve mercurielle de Newman, on peut employer une cloche de deux pouces et deux dixièmes de diamètre sur neuf pouces de hauteur. La cuve a soixante-seize pouces carrés de tablette parfaitement disposée, et est munie d'un gazomètre à mercure à l'une de ses extrémités. Aussi, pour opérer avec commodité, ne faut-il pas moins de soixante à soixante-dix livres de mercure.

697. Newman a construit également une cuve beaucoup plus petite pour les cloches de un à cinq pouces de diamètre, et six pouces de hauteur. Cet appareil, de dimensions un peu étroites, n'a que trente-quatre pouces carrés. Muni de sa cloche et de sa tablette, il faut pour le remplir vingt livres de mercure. Il est fort utile pour opérer sur de petites quantités, soit dans des tubes, soit dans des cloches.



698. La cuve à mercure doit toujours être posée dans une auge, et être munie d'un couvercle qui la défende de la poussière et des ordures lorsqu'on ne s'en sert point. Il faut d'ailleurs, comme nous l'avons déjà dit (9), la placer sur la table à bords relevés, afin d'éviter autant que possible la perte du mercure. Lorsqu'on ne s'en sert qu'à des époques éloignées, il vaut mieux, pour la même raison, tenir le mercure dans des bouteilles de grès que de le laisser constamment dans la cuve.

699. Les cloches sont un accessoire indispensable de la cuve. Il y en a de différentes espèces. Les cloches unies doivent avoir de douze à seize pouces de hauteur sur deux pouces et demi ou trois pouces de diamètre,

et environ un dixième ou un huitième de pouce d'épaisseur. Il faut aussi que les bords en soient assez dépolis pour qu'on puisse la fermer hermétiquement avec un obturateur de verre, lorsqu'ils sont humectés ou enduits d'un corps gras. Il en est de même pour celles qui doivent servir avec la cuve à mercure. Elles sont en général de dimensions plus petites ; mais l'épaisseur doit être la même, à cause de la grande pesanteur du métal.

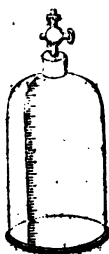


700. Les cloches à bouchon ne sont, à proprement parler, que des flacons bouchés à l'émeri dont le fond serait retranché. Il faut en avoir de plusieurs dimensions, et d'un diamètre proportionnellement plus grand que celui des cloches simples, comme on peut le voir dans la figure précédente. La surface supérieure en doit être dépolie pour pouvoir se fermer avec un obturateur de verre aussi bien qu'avec un bouchon. Cette précaution ne doit être prise pour les bords inférieurs que lorsque la cloche a moins de trois pouces et demi de diamètre. Dans les laboratoires publics, et même dans les laboratoires particuliers, il convient d'avoir pour chaque cloche un second bouchon portant inférieurement une espèce de bouton sur lequel on attache un fil métallique portant une cuiller à déflagration, une bougie ou tout autre objet ; l'on substitue avec promptitude ce bouchon au premier pour introduire dans la cloche remplie de gaz l'objet sur lequel on veut faire l'expérience. A défaut de ces bouchons, on se sert de bouchons de liège à travers lesquels on fait passer le fil qui supporte la substance. Mais, en raison de la combustibilité du liège, on ne peut les employer pour faire des combustions dans l'oxygène, à moins

de les avoir préalablement recouverts en dessous d'une lame de plomb.

701. Les bouchons de cloches en verre, et, en général, toute espèce de bouchons de verre, doivent être aussi larges que possible dans la partie qui est immédiatement au-dessus du col du flacon, et qui fait la jonction de la portion supérieure et de la portion conique du bouchon; car il faut quelquefois employer beaucoup de force pour les dégager du col du flacon, soit à cause de la différence de température, soit à cause de la solidification de quelque substance entre le bouchon et le verre, etc. Pour la manière de dégager les bouchons, voyez la section XX (1156), il ne faut jamais placer un bouchon sur les cloches pneumatiques sans avoir eu préalablement la précaution de l'enduire avec un peu de graisse ou de suif, de manière à ce qu'il puisse jouer librement tout en fermant hermétiquement. Il faut encore bien se garder d'appliquer un bouchon froid sur une cloche ou flacon échauffés, car le verre de la cloche venant à se contracter par le refroidissement, il est souvent presque impossible de retirer le bouchon.

702. On appelle cloches à transvaser ou cloches à robinet celles qui, ouvertes par le haut comme les précédentes, sont munies d'une garniture à robinet fixée sur le verre avec du ciment. L'extrémité du robinet est à vis, ce qui permet d'y adapter des tuyaux, et facilite ainsi singulièrement le transvasement du gaz. Il faut en avoir de quatre ou cinq dimensions différentes, et dans ce nombre, une grande et une petite qui soient graduées. Une ou deux de ces petites cloches



à robinet doivent être consacrées à la cuve à mercure. Avant de se servir des cloches de ce genre, il faut toujours examiner si la garniture et le robinet sont solidement fixés. La meilleure manière de s'en assurer est de les remplir presque entièrement d'eau ou de mercure, suivant la cuve à laquelle elles appartiennent, sans mouiller le robinet, de les placer ensuite sur la cuve, où on les laisse pendant une demi-heure ou une heure, après avoir observé à quelle hauteur s'élève le niveau de l'eau ou du mercure. Si, à l'expiration de ce délai, le niveau n'est point changé, c'est une preuve que la cloche est hermétiquement close, et parfaitement en état sous ce rapport.


703. Les verres à becs, grands ou petits, que nous avons décrits précédemment (443, 469), peuvent servir de cloches au besoin, lorsqu'on opère sur de petites cuves avec de petites quantités de gaz. On les remplace encore souvent par des tubes fermés à l'une de leurs extrémités. La longueur de ces tubes ne doit jamais dépasser dix ou douze pouces, quel qu'en soit le diamètre; dans tous les cas, il est bon que la plupart soient gradués pour pouvoir mesurer de petites quantités de gaz. Ils doivent en outre être coupés bien carrément par un des bouts. Lorsque l'ouverture est trop large pour pouvoir être parfaitement bouchée avec le doigt, elle doit être usée avec soin et bien dressée, pour pouvoir être fermée avec un obturateur de verre.

704 et 705. Outre les différens instrumens dont nous venons de parler, il faut encore avoir de petits entonnoirs à douille étroite, pour introduire les gaz dans des vases à col également resserré. Il est aussi indispensable d'avoir des capsules plates pour trans-

porter les cloches remplies de gaz : ces capsules peuvent être en verre, et mieux encore en porcelaine.

---

## § II. *Manière de préparer et de recueillir les gaz.*

706. Il y a un grand nombre de manières d'opérer le dégagement des gaz. Souvent ils sont le produit de distillations dans des cornues de fer, de verre ou de terre, procédés que nous avons déjà décrits, et sur lesquels nous nous bornerons à ajouter qu'il faut que le bec des appareils distillatoires soit disposé de manière à pouvoir communiquer directement, ou au moyen d'un tube d'ajutage, avec le liquide de la cuve pneumatique. Lorsque le gaz se dégage à la température ordinaire ou à une température peu élevée, et que les matières qui le produisent sont en contact immédiat, par exemple, lorsqu'on extrait l'hydrogène au moyen du zinc et de l'acide sulfurique étendu, ou le gaz acide carbonique du carbonate de chaux, au moyen de l'acide muriatique, on se sert ordinairement de cornues de verre, de fioles ou de flacons. On appelle bouteilles à gaz des vases tenant le milieu entre les flacons et les bouteilles ordinaires; elles sont renforcées vers le col, et usées à l'émeri, de manière à ce qu'on puisse y adapter un tube recourbé en forme de . Après avoir introduit les substances on met le tube à sa place, et l'on en fait plonger l'extrémité ouverte dans l'eau de la cuve pneumatique. Enfin, un flacon de Florence, ou même un flacon de verre blanc, peut servir au besoin aux mêmes usages; il suffit pour cela d'ajuster un morceau de tube recourbé



dans un bouchon de liège, que l'on introduit dans l'ouverture du flacon.

707. Quelle que soit au reste la forme de l'appareil que l'on emploie, il faut que le tube qui le termine plonge dans l'eau de la cuve pneumatique. Lorsque l'appareil consiste dans un vaisseau unique, tel qu'une cornue ou une bouteille à gaz, il est toujours facile de l'établir et de le fixer à une distance convenable de la cuve; lorsqu'au contraire il n'est pas de nature à être transporté, il faut le prolonger au moyen de tubes de communication, assez longs pour conduire le gaz sous les cloches où il doit être recueilli. L'on pourrait employer également de petites cuves portatives, que l'on placerait à portée de l'appareil; et si la quantité de gaz à recueillir était considérable, on transporterait les cloches sur la grange-cuve au fur et à mesure qu'elles se rempliraient.

708. L'essentiel étant en général d'obtenir les gaz à l'état de pureté, il convient de chasser exactement tout l'air des vaisseaux dans lesquels ils sont produits. L'on doit par conséquent rejeter les premières portions qui se dégagent; mais au lieu de les laisser se répandre immédiatement dans l'atmosphère, il convient de les recevoir d'abord dans une cloche, afin de connaître la quantité que l'on perd, et lorsque le volume du gaz dégagé s'élève à trois fois la capacité de la cornue, celui qui se dégage ensuite peut être considéré comme pur. Sans cela l'on n'aurait aucune idée exacte de la quantité de gaz perdu, et aucune certitude que l'air atmosphérique a été entièrement chassé. Lorsqu'on suppose que tout l'air atmosphérique s'est échappé, il ne reste plus qu'à recueillir le gaz dans les cloches, comme nous allons le décrire; mais alors il est encore

bon de numéroter les cloches dans l'ordre où elles sont remplies, parce que si l'on a besoin de gaz extrêmement pur, on sera toujours plus certain de le trouver dans les dernières cloches que dans les premières.

709. Il est cependant quelquefois important de recueillir tout le gaz qui se dégage, afin d'en déterminer la quantité; dans ce cas on est souvent obligé de recueillir même l'air atmosphérique. Alors après avoir déterminé la quantité du mélange gazeux, la capacité de la cornue, et le volume des corps solides en liquide qu'elle contenait, il est facile d'apprécier le volume de l'air, et par conséquent la quantité précise de gaz dégagé. Il est encore bon, dans cette circonstance, de numéroter les cloches à mesure qu'elles se remplissent, car le gaz des dernières est très-pur, et peut conséquemment servir aux expériences. C'est une opération fort délicate que de recueillir et de déterminer la somme totale de gaz dégagé; les précautions à prendre varient suivant la nature du gaz et des substances qui le fournissent; mais il serait hors de propos de traiter de ces difficultés dans cette description d'opérations élémentaires; nous en traiterons dans une autre partie de cet ouvrage.

710. La cuve étant remplie d'eau, de la manière ci-dessus décrite (691, 695), et l'appareil servant au dégagement du gaz convenablement disposé, il faut choisir une cloche, que nous supposons pour le moment être une cloche simple (699). On la plonge dans l'eau de la cuve, et inclinant un peu l'ouverture en dessus, pour que l'air puisse s'échapper, on la remplit d'eau. On la relève ensuite, l'ouverture en bas; elle reste pleine de liquide aussi long-temps que l'on tient cette

ouverture au-dessous de la surface de l'eau. Dans cette situation on la place sur la tablette ou sur un support, en ayant soin de lui faire dépasser le bord de la tablette s'il ne s'y trouve point d'ouvertures ménagées exprès pour le passage du gaz. Il est alors facile de diriger le bec de la cornue de manière à ce que les bulles de gaz qui s'en échapperont montent dans la cloche. Ces bulles s'accumulant au sommet, en déplaceront lentement l'eau. Lorsque la cloche est presque entièrement remplie de gaz, on en plonge une seconde dans le réservoir de la cuve, on la remplit d'eau, on la place sur la tablette à côté de la première, et quand celle-ci est tout-à-fait pleine, à environ un demi-pouce du bord, on la fait glisser de côté, et on la remplace par la seconde qui se remplit de gaz de la même manière. L'on fait ainsi succéder une cloche à une autre, jusqu'à ce que le gaz soit épuisé, ou que l'on en ait recueilli une quantité suffisante.

711. Il faut avoir soin, lorsqu'on remplit une cloche dans la cuve pneumatique, d'éviter que l'air qui s'en dégage ne pénètre dans les cloches déjà remplies de gaz. C'est pourquoi, lorsqu'une cloche est pleine de gaz, l'on doit l'avancer sur la tablette afin que l'ouverture en soit parfaitement close, et tourner du côté opposé l'ouverture de celles qu'on remplit d'eau. Il faut encore éviter d'enfoncer d'abord dans le liquide l'ouverture de la cloche, car l'air se dégagerait tumultueusement, et en grosses bulles, tandis qu'en plongeant en premier lieu l'extrémité fermée, l'eau s'introduit doucement par les bords, et l'air s'échappe d'une manière presque insensible.

712. —Lorsqu'on opère sur une petite cuve sans tablettes pour recevoir les cloches, l'on est obligé de

transporter celles-ci. A cet effet l'on se sert de capsules ou même d'une assiette ordinaire de grandeur suffisante pour recevoir l'ouverture de la cloche. On plonge l'assiette dans l'eau à environ un pouce au-dessous de la surface; on y fait glisser la cloche, puis les retirant toutes deux de l'eau, on peut les transporter dans le lieu convenable. L'eau contenue dans l'assiette ou la capsule retient le gaz aussi bien que l'eau de la cuve; la seule précaution à prendre est d'entretenir toujours le liquide, dans cette espèce de cuve temporaire, au-dessus des bords de la cloche. Lorsqu'on veut transporter la cloche sur une autre cuve, il suffit de plonger l'assiette dans l'eau de la seconde cuve, et de la retirer après avoir placé la cloche sur la tablette, en ayant soin que l'ouverture ne se trouve jamais hors de l'eau.

713. Si la cuve est trop petite pour qu'il soit possible d'y remplir les cloches, on peut, après les avoir remplies dans un seau ou dans la grande cuve, les transporter au moyen d'une capsule ou d'une assiette, comme nous venons de l'indiquer, sur la cuve où doit s'opérer le dégagement du gaz. Avec les longues cloches ci-dessus décrites (699), qui sont dépolies par leurs extrémités, on se sert avec avantage d'obturateurs de verre (1234), que l'on applique avec force contre l'ouverture après les avoir préalablement plongés dans l'eau : ainsi humectés ils fermeront parfaitement la cloche, et l'on pourra la transporter d'un lieu à un autre sans craindre de perdre la moindre partie de son contenu, soit liquide, soit gazeux.

714. Telle est la manière d'opérer avec les cloches simples; il en est de même à l'égard des cloches à bouchon, à quelques légères modifications près dans la manière de les remplir d'eau. Après avoir ôté le

bouchon on enfonce la cloche verticalement dans l'eau, jusqu'à ce qu'elle y plonge entièrement; lorsqu'elle est pleine on replace le bouchon, puis on la retire de l'eau pour s'en servir comme si c'était une cloche ordinaire. Les cloches principalement destinées au transvasement des gaz, et que nous avons désignées sous le nom de cloches à robinet, exigent souvent beaucoup de précaution, afin d'éviter l'introduction de l'eau dans le robinet. Pour y parvenir on enfonce la cloche perpendiculairement dans le liquide, on laisse échapper l'air par le robinet jusqu'à ce que l'eau ait atteint l'intérieur de la garniture, presque à la hauteur de l'ouverture du robinet, alors on le referme, et l'eau se trouve retenue dans la cloche. Lorsque la cuve n'est pas assez profonde pour qu'on puisse employer ce procédé, il faut recourir à une autre méthode. Elle consiste à appliquer les lèvres à l'extrémité supérieure du robinet, et à en retirer l'air par l'aspiration. On répète plusieurs fois cette suction s'il est nécessaire, en ayant toujours soin de placer un linge propre sur le robinet pour empêcher qu'il ne se trouve en contact avec les lèvres. A mesure que l'eau approche du robinet, il faut modérer son mouvement d'ascension, et l'arrêter en fermant le robinet dès qu'elle n'est plus qu'à une courte distance de l'ouverture de ce dernier.

715. Il est évident qu'on ne pourrait remplir d'eau ces cloches en les inclinant dans la cuve sans introduire le liquide dans le robinet, quand bien même on aurait soin de le boucher avec le doigt pour empêcher l'eau d'entrer par le haut. Lorsqu'elles sont remplies, l'on ne doit les déplacer qu'avec

précaution pour éviter les secousses qui pourraient lancer quelques gouttes de liquide dans le robinet, et lorsqu'elles sont en place pour recevoir le gaz, il faut recueillir les premières bulles avec soin une à une, car un bouillonnement trop fort pourrait lancer de petites portions de liquide dans l'ouverture supérieure. Lorsque le gaz est arrivé au-dessous de la garniture de manière à être aperçu, cet accident n'est plus à craindre, et l'opération peut marcher plus rapidement. Si l'on veut recueillir le gaz à l'état de pureté, il faut laisser sortir les premières bulles par le robinet pour entraîner avec elles tout l'air atmosphérique que la cloche pouvait retenir encore; l'on y parvient en enfonçant davantage la cloche dans l'eau après avoir ouvert le robinet et en la remplissant de nouveau de liquide.

716. Lorsqu'on recueille les gaz sur la petite cuve pneumatique (706), et que l'on remplit les cloches d'eau dans un autre vase (713), il y a naturellement un changement rapide dans le niveau de l'eau de la cuve par l'addition continuelle du liquide dont chaque cloche est remplie. Il est alors nécessaire de vider l'excédent et de le faire retourner dans le vase où on l'a pris, et dans lequel les cloches ont été remplies. Ce point exige quelquefois beaucoup d'attention pour empêcher que le niveau de l'eau ne s'élève jamais trop au-dessus de la surface de la tablette ou du support. Si, par mégarde, cet inconvénient avait lieu, et que l'on continuât à recueillir le gaz dans la cloche jusqu'à ce qu'elle fût à peu près pleine, il arriverait souvent qu'elle surnagerait et se renverserait à cause de son excessive légèreté, ce qui entraînerait la perte du gaz. En général, l'on ne doit pas permettre que le niveau

du liquide soit à moins d'un demi-pouce du bord de la cloche tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

717. Après avoir décrit la manière de recueillir les gaz, nous allons indiquer les différens moyens de les transvaser. Le cas qui se présente le plus souvent est le passage du gaz d'une cloche dans une autre; c'est une opération facile et qui n'est réellement que l'action ordinaire de verser, exercée en sens contraire, le gaz passant à travers un volume d'eau du vase qui se trouve au-dessous dans celui qui est au-dessus. On remplit d'eau la cloche où l'on veut introduire le gaz, puis on la place sur la tablette de la cuve comme s'il s'agissait de la remplir du gaz provenant d'une cornue; on l'amène alors sur le bord de la tablette jusqu'à ce qu'elle le dépasse des deux tiers ou des trois quarts de son diamètre, et qu'ainsi il soit facile de placer dessous une autre cloche renversée. Alors, retenant la première cloche d'une main, on saisit de l'autre celle qui contient le gaz, et l'enfonçant dans le réservoir, on l'approche de la première en l'inclinant de manière que leurs ouvertures correspondent, et que les bulles qui sortent de la cloche à gaz montent dans la cloche pleine d'eau. On continue à incliner de plus en plus, et graduellement, celle que l'on veut vider, jusqu'à ce que l'eau y ait remplacé le gaz, en ayant soin de ne point le laisser s'échapper brusquement ou en trop grande quantité à la fois; car les grosses bulles en s'élevant empêchent l'eau qu'elles déplacent de descendre librement, ce qui occasionne souvent des pertes de gaz. Dans toutes les opérations de ce genre le chimiste doit chercher à acquérir l'habitude de manipuler avec adresse et facilité; et lors même qu'il ne s'agit que d'une expérience peu difficile,

il doit y apporter toute son attention, afin d'être moins exposé à manquer de dextérité ou de soin dans les circonstances plus importantes. Lorsque la cuve a la forme que nous avons décrite (691); il est bon de mettre la cloche pleine d'eau dans l'angle qui est au-dessus du réservoir; car alors elle se trouve supportée sur deux points, ce qui lui donne plus de solidité, tandis que l'angle formé par les parois de la cuve, aide à conduire le gaz dans l'intérieur de la cloche avec beaucoup moins de risque d'en voir s'échapper quelque partie.

718. Lorsqu'il s'agit de transvaser le gaz d'une grande cloche dans une petite, ou dans des flacons, il faut plus de précautions que pour l'opération que nous venons de décrire. Une cloche à grande ouverture laisse échapper des bulles d'un diamètre considérable, et pour qu'elles puissent entrer par un orifice quelconque, il faut qu'il soit assez grand pour laisser échapper en même temps un volume d'eau égal au volume du gaz qui s'introduit, sans quoi l'on serait exposé à perdre une partie du gaz. Les entonnoirs sont fort utiles pour cet objet, surtout pour remplir les flacons; renversant l'entonnoir, et le plongeant dans l'eau, on en introduit la douille dans le goulot d'un flacon plein d'eau, et le gaz se trouvant reçu dans l'entonnoir, est conduit en sûreté et promptement dans l'intérieur du flacon. L'opération paraît d'abord plus difficile, parce qu'il est nécessaire de tenir l'entonnoir ainsi que le goulot du flacon constamment au-dessous de la surface de l'eau, et que par conséquent on opère à une plus grande profondeur dans le liquide.

719. Au lieu d'entonnoir on peut se servir, comme vase intermédiaire, d'une éprouvette ou d'un verre à



bec (343); car bien que l'ouverture présente une grande surface, on peut faire échapper le gaz par le bec. Il suffit pour cela d'incliner l'éprouvette ou le verre de manière que le bec se trouve en haut.

720. La manipulation des gaz avec les cloches et les verres est beaucoup plus aisée que lorsqu'il s'agit de les faire passer dans des tubes étroits, ou d'un tube dans un autre; et cependant c'est une opération qui se répète à chaque instant dans le laboratoire, surtout dans les expériences eudiométriques et analytiques. Il est une circonstance qui augmente la difficulté à l'égard des tubes, outre le peu de largeur de leur ouverture, c'est la petitesse de leur diamètre intérieur, qui s'oppose au libre passage des bulles de gaz et au déplacement de l'eau, obstacle d'autant plus grand que les tubes sont plus étroits.

Lorsque le tube qui doit recevoir le gaz est plus large que celui qui le contient, la difficulté est moins grande. Après l'avoir rempli d'eau, à la manière ordinaire, on le tient dans le réservoir de la cuve dans une position inclinée, puis approchant le tube rempli de gaz; on introduit en quelque sorte une partie de son ouverture dans celle du premier, et on incline de plus en plus jusqu'à ce que tout le gaz ait passé bulle à bulle dans l'autre tube (*voy. la fig. en marge*). Pendant cette opération il faut tenir autant que possible l'ouverture du second tube dans celle du premier, et ne jamais élever celui-ci dans une position perpendiculaire; car lorsqu'il est très-incliné les deux ouvertures se rencontrent, et s'adaptent mieux l'une contre l'autre, le gaz ne peut se perdre, le dégagement des bulles est moins brusque, et elles sont moins sujettes



à dévier de leur direction. Quelquefois même il est avantageux de le tenir dans une position presque horizontale. Il faut laisser à chaque bulle le temps de s'élever à une certaine hauteur dans le tube avant de permettre qu'une autre se dégage.

721. Lorsque le tube contenant le gaz est plus large que celui dans lequel on veut le transvaser, l'opération exige plus de précautions. On incline le premier tube comme ci-dessus, et l'on introduit dans son ouverture le bord de celle du second; après quoi, pour faciliter l'opération, on applique le pouce et le premier doigt de la main qui tient le tube rempli d'eau des deux côtés du point de contact, afin de contenir le gaz et d'empêcher qu'il ne s'échappe latéralement. En général, toutes les fois qu'il s'agit de transvaser un gaz dans un tube, il faut le tenir en laissant passer l'extrémité ouverte entre le pouce et l'index, de manière que lorsqu'il se trouve dans une position inclinée, la main soit en dessus du tube, qui est alors facilement supporté par les trois derniers doigts, tandis que le pouce et l'index ont toute la liberté nécessaire pour diriger les ouvertures, ou fermer, comme nous venons de l'indiquer, les intervalles latéraux. On peut aussi le tenir de manière que l'ouverture soit entre le pouce et les deux premiers doigts, comme l'on tient une plume à écrire; mais cette méthode offre moins de facilité pour l'incliner sous différens angles. Quelle que soit la manière qu'on adopte, il faut toujours tenir les tubes solidement, mais avec légèreté, et sans y mettre trop de raideur; il convient d'appuyer les bras sur le bord de la cuve pendant que les mains sont plongées dans l'eau.

722. Lorsqu'il s'agit du transvasement d'un gaz

d'une cloche dans un tube, il faut se servir d'un vase intermédiaires. Les vases à bec dont nous avons parlé sont alors fort commodes. Le tube étant rempli d'eau, on le tient au-dessous de la surface de la manière décrite (720), on y introduit le bec en complétant la jonction avec les doigts s'il est nécessaire, et on laisse le gaz se dégager bulle à bulle. Lorsque le vase à bec contient du gaz au tiers ou aux cinq sixièmes de sa capacité, l'opération est plus facile que s'il en contenait plus ou moins; quand il se trouve à peu près vide, il devient souvent presque impossible de faire entrer dans un tube étroit les dernières portions de gaz; on peut donc, lorsqu'il n'y a pas d'inconvéniens, remettre dans le vase à bec une nouvelle quantité de gaz.

723. Enfin, pour faciliter le transvasement des gaz dans les tubes, on peut au besoin se servir de petits entonnoirs: la manipulation est alors absolument la même que celle décrite (718). Il est aisé de transporter les tubes remplis de gaz d'une cuve sur une autre ou dans toute autre situation par la facilité que l'on a de les boucher avec le doigt; c'est une habitude que l'on doit chercher de bonne heure à acquérir; car il est souvent d'une grande importance, surtout dans les expériences analytiques où l'on n'en obtient souvent que de très-petites quantités, de n'en pas perdre la moindre portion.

---

à dévier de leur **direction**. Quo  
 avantageux de le **tenir** dans une  
 zontale. Il faut laisser à chaque  
 ver à une certaine **hauteur**  
 permettre qu'une **autre** se d

721. Lorsque le tube  
 large que celui dans les  
 l'opération exige plus d  
 premier tube comme c  
 son ouverture le bord  
 pour faciliter l'opéra:  
 premier doigt de la r  
 des deux côtés du r  
 le gaz et d'empêch

En général, toute  
 gaz dans un tub  
 l'extrémité ouve  
 nière que lorsq  
 la main soit e  
 ment suppor  
 que le pou  
 saire pour  
 nous ven  
 peut au  
 entre le  
 l'on tie  
 moins

Quel

tenir  
 y mett  
 sur le  
 plong

us de force pour qu'elles ne  
 s parois du verre. Ce point ob-  
 gaz dans une cloche graduée  
 e également dans le réservoir  
 surfaces de l'eau étant bien de  
 it plus soumis qu'à la pression  
 observe alors le degré indiqué sur  
 une manière précise la quantité de  
 cloche. Pendant cette opération, il  
 e dans une position parfaitement  
 lors qu'on reconnaît l'utilité d'avoir  
 ble ou triple, comme nous l'avons  
 , 135), par la facilité qu'on aura à re-  
 nier coup d'œil si la cloche est droite,  
 nt si les différentes graduations s'ac-  
 cela doit être; dans le cas contraire, il  
 faire coïncider en inclinant la cloche  
 le l'autre, car on ne peut se flatter d'a-  
 une détermination exacte, si deux des  
 même toutes les trois, ne sont pas parfait-  
 ord dans leurs indications.

r prendre la hauteur du gaz dans les clo-  
 ter les marques de papier dont nous venons  
 il ne faut point partir de la surface courbe  
 adhérente aux parois du verre (108), mais  
 déterminer d'après la surface générale du  
 l'intérieur de la cloche; de même, lorsque  
 e du liquide se trouve au-dessous du niveau de  
 ne faut pas se contenter de regarder oblique-  
 mais abaisser son œil pour le mettre autant que  
 le de niveau avec la surface

3. S'il arrive un accident dans le transvasement  
 az, ou pendant son séjour dans la cloche graduée,

§ III. *Manière de mesurer les gaz.*

724. Il y a deux choses à considérer dans le mesurage des gaz. L'on peut désirer connaître exactement le volume d'un gaz, ou bien enlever une portion déterminée d'une quantité donnée. Nous nous occuperons d'abord de la manière de déterminer le volume d'un gaz recueilli dans une cloche ordinaire. La cloche étant posée solidement sur la tablette de la cuve, on attache à l'extérieur, au moyen d'un peu de cire, trois petites bandes de papier huilé ou ciré, à égale distance les unes des autres, de manière à ce que le haut des bandes indique exactement la hauteur de l'eau dans l'intérieur de la cloche; l'enlevant alors de dessus la tablette, on l'enfonce dans le réservoir jusqu'à ce que l'eau soit au même niveau intérieurement et extérieurement, et l'on observe jusqu'à quel point, par suite de ce changement de position, le niveau intérieur s'écarte de celui constaté antérieurement par les trois bandes de papier, en ayant soin pendant toute l'opération de tenir la cloche bien perpendiculairement, afin que la différence, s'il s'en trouve, soit la même à chacune des trois marques. Replaçant alors la cloche sur la tablette, on élève les marques d'une quantité égale à la différence observée entre les niveaux obtenus dans les deux positions de la cloche. La cloche est ensuite plongée de nouveau dans la cuve jusqu'à ce que les surfaces intérieure et extérieure du liquide se trouvent de niveau; on observe si les marques correspondent, et l'on répète l'opération comme ci-dessus jusqu'à ce que l'ajustement soit parfait; on presse alors les

bandes de papier avec plus de force pour qu'elles ne puissent se détacher des parois du verre. Ce point obtenu, on transvase le gaz dans une cloche graduée (702), que l'on enfonce également dans le réservoir jusqu'à ce que les deux surfaces de l'eau étant bien de niveau, le gaz ne soit plus soumis qu'à la pression atmosphérique; l'on observe alors le degré indiqué sur l'échelle, et l'on a d'une manière précise la quantité de gaz contenue dans la cloche. Pendant cette opération, il faut tenir la cloche dans une position parfaitement verticale, et c'est alors qu'on reconnaît l'utilité d'avoir une graduation double ou triple, comme nous l'avons recommandé (105, 135), par la facilité qu'on aura à reconnaître au premier coup d'œil si la cloche est droite, et par conséquent si les différentes graduations s'accordent comme cela doit être; dans le cas contraire, il est aisé de les faire coïncider en inclinant la cloche d'un côté ou de l'autre, car on ne peut se flatter d'avoir obtenu une détermination exacte, si deux des échelles, ou même toutes les trois, ne sont pas parfaitement d'accord dans leurs indications.

725. Pour prendre la hauteur du gaz dans les cloches ou ajuster les marques de papier dont nous venons de parler, il ne faut point partir de la surface courbe de l'eau adhérente aux parois du verre (108), mais il faut se déterminer d'après la surface générale du liquide à l'intérieur de la cloche; de même, lorsque la surface du liquide se trouve au-dessous du niveau de l'œil; il ne faut pas se contenter de regarder obliquement, mais abaisser son œil pour le mettre autant que possible de niveau avec la surface

726. S'il arrive un accident dans le transvasement du gaz, ou pendant son séjour dans la cloche graduée,

avant qu'on ait pu en déterminer le volume, les trois marques de papier fixées avec la cire (724) serviront à rappeler la quantité qui se trouvait dans la première cloche, et c'est là leur principale utilité; s'il n'arrive aucun accident elles peuvent encore servir à vérifier l'exactitude du mesurage. Dans ce dernier cas on ôte la cloche de dessus la tablette, on la renverse l'ouverture en haut, et l'on y verse de l'eau (107) jusqu'au point où le gaz s'étendait auparavant. Si mesurant ensuite cette quantité de liquide, elle s'accorde avec celle donnée par le mesurage du gaz, c'est une preuve évidente de l'exactitude du résultat obtenu.

727. Il est évident que l'on peut éviter toutes ces manipulations intermédiaires en recueillant directement le gaz à mesurer dans une cloche graduée.

728. Si le gaz que l'on veut mesurer est renfermé dans des tubes non gradués, le procédé est le même en principe, sauf quelques légères modifications. On égalise le niveau en dedans et en dehors, et l'on marque la hauteur du gaz avec un trait de lime (119) ou avec une petite bande de papier cirée dont on l'entoure en forme d'anneau. Le gaz est alors transvasé dans un tube gradué (703) et mis de niveau (725), puis son volume est déterminé par les degrés de l'échelle. En observant comme en marquant, il faut porter une attention particulière à la courbe de l'eau par les raisons sur lesquelles nous avons insisté en parlant de la graduation (122). Il faut surtout ne pas s'écarter de la recommandation que nous avons faite, de lire toujours les degrés de la même manière, et avec un peu d'expérience on parvient bientôt à reconnaître avec exactitude, au premier coup d'œil, quel est le degré qui devrait coïncider avec la surface, en supposant que



le gaz et l'eau se rencontrassent sur une surface parfaitement plane. Pour vérifier l'opération, on peut mesurer le premier tube qui contenait le gaz en y versant jusqu'à l'endroit marqué avec la lime ou le papier, de l'eau ou du mercure sortant d'un tube gradué (112, 114). Si le tube est très-petit, on peut y peser le mercure, en se rappelant toujours ce que nous avons dit sur la convexité de la surface (122).

729. Toutes les fois que l'on détermine le volume d'un gaz, il faut consulter le thermomètre et le baromètre, et noter avec le résultat obtenu le degré de température et la pression atmosphérique pendant l'opération. L'eau de la cuve doit, autant que possible, être à la même température que l'atmosphère, et si la différence était de plus d'un degré, on rétablirait l'équilibre en modifiant la température de l'eau. C'est alors la température de cette dernière qu'il faut noter, et il faut bien prendre garde en maniant les cloches de les faire différer de température avec celle que l'on a observée. C'est pourquoi l'on doit les tenir légèrement par la partie supérieure qui est en général plus épaisse, et non les saisir par le milieu, ce qui pourrait occasioner un changement dans la température et par conséquent dans le volume du gaz. On doit avoir un bon baromètre, sinon il faut connaître de combien il s'écarte des indications d'un instrument parfait, et tenir compte de la différence. Lorsqu'on le consulte, il faut le tenir dans une position parfaitement verticale, et mettre l'œil de niveau avec la surface du mercure; on observe alors si cette surface est concave ou convexe; et, après avoir constaté la hauteur de la colonne de métal, on donne quelques légers coups sur l'instrument pour que le mercure puisse se mouvoir

librement, jusqu'à ce qu'il s'arrête toujours au même point. Lorsque les expériences sont d'une certaine durée, il faut consulter le baromètre à deux ou trois intervalles, afin qu'aucun changement pouvant influencer sur les résultats ne passe inaperçu.

730. La soustraction d'une quantité de gaz déterminée ne présente point de difficulté lorsqu'il s'agit de quantités considérables; on remplit d'eau une cloche graduée, et on y fait passer du gaz (777), jusqu'à ce qu'on en ait un peu moins que la quantité nécessaire; on complète alors la mesure en ajoutant avec plus de précaution les dernières portions, d'abord avec un verre à bec (722), puis avec un tube lorsqu'on est près d'atteindre le but. Chaque fois qu'on examine le volume sur l'échelle, il faut que le niveau de l'eau soit le même à l'intérieur et à l'extérieur de la cloche. Il n'est cependant pas nécessaire de répéter plusieurs fois cette épreuve, il suffit pour cela de noter la quantité à ajouter, lorsque le niveau est égalisé. Ainsi, par exemple, lorsqu'en plongeant la cloche, le niveau de l'eau à l'intérieur est d'un degré plus haut qu'il ne devrait être, après l'avoir remise sur la tablette, on y ajoute du gaz jusqu'à ce que le niveau soit d'un degré plus bas, sans s'occuper du numéro du degré avec lequel la surface de l'eau se trouve alors coïncider; plongeant la cloche de nouveau, de manière à rétablir l'égalité de niveau, on se trouvera très-près du résultat, sinon la quantité à ajouter encore pour l'atteindre sera facile à apprécier.

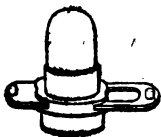
731. L'avantage de se servir d'un tube pour ajouter les dernières portions de gaz, consiste dans le petit volume des bulles qu'on peut par ce moyen faire passer dans la cloche, ce qui aide beaucoup à la précision

de l'opération. En effet, lorsque le doigt est appliqué sur le tube plongé dans la cuve, il est aisé, en le soulevant plus ou moins, de régler en quelque sorte la grosseur des bulles. On peut de cette manière en obtenir d'aussi petites que la tête d'une épingle; et pour faire la mesure encore plus exactement, ne les laisser échapper qu'une à une.

732. Lorsqu'on mesure les gaz dans des tubes, par exemple pour les expériences eudiométriques, il faut prendre plus de précautions que n'en exige ordinairement le mesurage des quantités un peu considérables; car c'est souvent sur de très-petits volumes qu'on établit des rapports et des résultats généraux. Il est alors d'une grande utilité d'avoir des mesures que l'on prend pour base ou unité, et qui après avoir été remplies également à plusieurs reprises donnent une suite de volumes égaux. Pour les remplir il ne suffit pas d'y introduire du gaz jusqu'à ce qu'il dépasse les bords; car par l'adhérence de l'eau et par plusieurs autres causes, cet effet peut avoir lieu dans la même mesure avec des quantités bien différentes; d'ailleurs presque toujours elle se trouverait un peu plus que pleine, le gaz ayant la propriété de pouvoir s'étendre au-delà des bords du tube. Si donc la mesure est faite d'un morceau de tube (129), après l'avoir remplie de gaz on la bouchera avec le doigt, ce qui déplacera la quantité qui se trouve en excès; mais comme par l'état de sécheresse ou d'humidité de la peau, ou une pression plus ou moins forte, le doigt peut entrer plus ou moins dans l'ouverture du tube, il faut avoir soin de faire toujours prendre la même convexité à la partie du doigt qui sert de bouchon, et n'employer autant que possible que des mesures d'un fort petit diamètre. A.

l'aide de ces précautions ce mode de mesurage remplit parfaitement le but qu'on se propose. Quelquefois les tubes sont fermés par des bouchons usés à l'émeri, de manière à laisser intérieurement la capacité nécessaire; l'on emploie même dans quelques cas des flacons bouchés, contenant précisément un demi ponce ou même un ponce cube de gaz (112). Lorsqu'on se sert de ces sortes de mesures il faut y faire entrer un excès de gaz que l'on déplace ensuite en mettant le bouchon. Cette dernière opération doit se faire de manière à ce qu'il ne reste, autant que possible, aucune portion d'eau dans la mesure. A cet effet l'on introduit le bouchon obliquement dans l'ouverture, que l'on tient dans une position parfaitement verticale; on fait attention à ce que le gaz descende sur tous les côtés du bouchon, ou au moins l'on fait en sorte qu'il ne s'y introduise aucune portion d'eau qui puisse influer sur les résultats. On fixe alors le bouchon à sa place; l'excédant de gaz se trouve déplacé, et la mesure est complètement remplie. Si l'on inclinait la mesure, ou qu'on assurât le bouchon sans précaution, il arriverait presque toujours que, malgré l'excès de gaz, on introduirait dans la mesure une certaine quantité d'eau sur le fond du bouchon.

733. M. Cavendish faisait usage, pour mesurer les gaz, d'un tube de verre bouché à une extrémité, et se fermant à l'autre au moyen d'une lame de cuivre, glis-



sant à coulissé dans un collet de même métal fixé sur le bas du tube. La mesure en cet état contenait un demi-ponce cube (*voyez la figure*). Pour s'en servir il suffisait d'ouvrir la coulisse, d'introduire

le gaz en excès dans le tube, puis de reformer

la coulisse. L'excédant de gaz se trouvait ainsi retranché, et la quantité renfermée dans le tube remplissait exactement la mesure.

734. Lorsque par la nature de l'expérience ou de la mesure qu'on emploie, il s'agit, non de remplir entièrement une mesure ou un tube, mais seulement d'y introduire du gaz jusqu'à telle ou telle hauteur, par exemple jusqu'au cinquième ou au dixième degré de l'échelle, on introduit dans le tube un peu plus de gaz qu'il n'est nécessaire, et appliquant le doigt à l'ouverture, on laisse échapper le gaz bulle à bulle comme nous venons de le décrire (721); on remet de temps en temps le tube dans la position verticale, et l'on examine si la quantité qui s'y trouve coïncide exactement avec le degré voulu. Si par mégarde on a laissé échapper un peu trop de gaz, il faut en ajouter un léger excès, et recommencer l'opération. Lorsqu'il s'agit de gaz précieux dont on ne possède que de très-petites quantités, l'on ne doit point perdre les petites bulles qu'on laisse échapper; il est aisé de les recueillir dans un petit tube que l'on tient au-dessus du premier, et dans lequel on les conserve pour d'autres expériences.

735. Pour observer le volume d'un gaz contenu dans un tube, après avoir établi l'égalité de pression (728), on peut éviter d'abaisser l'œil au niveau de l'eau en touchant exactement le tube avec le doigt lorsque le niveau est établi, et l'élevant ensuite à la hauteur de l'œil; mais alors il faut fermer le tube avec assez de précaution pour n'exercer sur le gaz aucune pression capable d'en changer le niveau.

736. Dans toutes les opérations que nous venons de décrire nous n'avons entendu parler que de la cuve à

eau, et des gaz qui ne sont pas absorbés ou décomposés par ce liquide. Les règles de manipulations sont les mêmes sur la cuve à mercure (696) avec les gaz qui, solubles dans l'eau, nécessitent l'emploi d'un autre liquide; mais il ne faut jamais perdre de vue, en opérant sur la cuve à mercure, que ce métal est beaucoup plus pesant que l'eau, et qu'il influe beaucoup sur le volume des gaz, soit que sa pression s'exerce en plus ou en moins de la pression atmosphérique. Si l'on plonge le bec d'une cornue ou l'extrémité d'un appareil à gaz dans la cuve à eau à un pouce, par exemple, au-dessous de la surface, et qu'on en plonge un autre dans la cuve à mercure à la même profondeur, la pression exercée dans l'intérieur de l'appareil, qui, dans le premier cas, est pour ainsi dire insensible, devient, dans le second, une circonstance de quelque importance, puisqu'elle est quatorze fois plus forte. En effet, si l'on n'y prend garde, elle pourra détacher et faire éclater les ciments ou les luts, faire échapper les gaz à travers les vessies et les tubes flexibles, qui sont imperméables lorsqu'on opère sur l'eau, enfin causer l'explosion d'une cornue ou d'un tube échauffés au rouge, comme cela aurait lieu dans la préparation du gaz oxygène au moyen du chlorate de potasse. Il faut donc ne plonger le bec des appareils qu'à la profondeur indispensable pour assurer le dégagement du gaz dans la cloche disposée pour le recevoir; par la même raison, le mercure ne doit s'élever au-dessus de la tablette qu'à la hauteur nécessaire pour fermer l'ouverture des cloches. Lorsque la cloche est portée sur un support, il faut également prendre garde qu'elle n'enfoncé trop au-dessous de la surface du mercure.

737. Les cloches à mercure que nous avons déjà

décrites (699) doivent être fortes et à rebords dépolis. Dans les cloches à bec, qui sont fort utiles pour le transvasement des gaz, le bec doit être de niveau avec le reste du rebord, et non, comme cela se pratique quelquefois, placé un peu plus bas, ce qui ne permet pas de fermer exactement l'ouverture et le bec avec un plateau de verre. On remplit les cloches soit en les plongeant dans le mercure de la cuve (710), soit en y versant du mercure pris dans un autre vase; dans ce dernier cas, l'on ferme l'ouverture au moyen d'un obturateur de verre (1234), puis remettant la cloche dans sa position naturelle, on en plonge l'ouverture dans le mercure de la cuve, et l'on retire l'obturateur. Toutes les fois qu'on ferme de cette manière une cloche remplie de mercure, il faut avoir soin d'appuyer fortement sur l'obturateur pour empêcher qu'il ne se déplace par l'effet de la pesanteur du métal.

738. Lorsqu'on transporte sur la cuve une cloche remplie de mercure en tout ou en partie, il faut éviter avec le plus grand soin qu'elle ne reçoive aucun choc ou aucune secousse violente; car, à cause de la pesanteur de la masse qu'on transporte, le coup le plus léger en apparence suffirait pour briser la cloche. Quelquefois encore le poids considérable du mercure le fait tomber brusquement, ce qui non-seulement occasionne la perte du métal et le dégagement du gaz dans l'air atmosphérique, mais encore cause dans la cuve un dérangement général. Lorsque cet accident a lieu, les cloches sont exposées à se briser en se heurtant les unes contre les autres ou contre les parois de la cuve.

Quand une cloche a été remplie de gaz sur le mercure, il est aisé de l'enlever en la fermant,

comme on l'a déjà dit (699, 737), avec un obturateur de verre; mais lorsqu'elle contient une grande quantité de mercure, il est plus sûr d'opérer le déplacement en employant une petite capsule de porcelaine (705, 712).

739. Lorsqu'il s'agit de remplir une cloche à robinet, en employant l'aspiration (714), il faut incliner la cloche autant que possible pour diminuer la hauteur de la colonne de mercure dans l'intérieur, et rendre l'opération moins pénible; alors appliquant les lèvres au robinet, on aspire fortement pour attirer tout l'air contenu dans la cloche, et le mercure s'élève par degrés jusqu'à ce qu'il la remplisse entièrement. On peut reprendre haleine durant l'opération en fermant de temps en temps le robinet.

740. Le transvasement des gaz sous le mercure est le même en principe que le transvasement sous l'eau; mais cependant il existe quelque différence en raison de l'opacité et de la pesanteur du métal liquide. L'opacité empêche le chimiste de surveiller les mouvemens du gaz, tandis que par l'effet de la pesanteur les bulles gazeuses qui quittent la cloche que l'on veut vider s'élancent à travers le mercure avec une force considérable. Il faut donc apporter un grand soin à cette opération, surtout quand elle a lieu dans des tubes. C'est principalement par le toucher qu'on peut juger de la position relative des ouvertures des tubes, et leur donner celle qui convient. Le tube que l'on vide ne doit être incliné que fort lentement et par degrés. Il faut faire attention à la direction que prend la première bulle qui se dégage, et disposer les tubes en conséquence. En général, l'orifice du tube contenant le gaz doit être placé plus bas, relativement au récipient, que si l'on



opérait dans l'eau. Il est souvent très-avantageux de diminuer les intervalles latéraux qui se trouvent entre les deux tubes en y appliquant les doigts (721).

741. Il existe entre la cuve à eau et la cuve à mercure une différence essentielle que le commençant doit avoir toujours bien présente à l'esprit, parce qu'elle lui fera connaître la cause de beaucoup d'accidens qui pourraient avoir lieu dans le transvasement des gaz, et lui fournira ainsi les moyens de les éviter dans la plupart des cas. Cette différence est produite par la propriété que possède l'eau de mouiller les corps, et d'adhérer aux surfaces des cloches et des appareils employés dans les opérations sur la cuve pneumatique, propriété que ne possède pas le mercure. C'est ainsi que des portions de gaz, sortant sous l'eau par les ouvertures des appareils, s'élèvent en bulles distinctes au milieu du liquide qui les environne, parce que les molécules de l'eau adhèrent plus fortement contre les parois des vases, qu'elles n'adhèrent entre elles. Mais il n'en est pas de même avec le mercure; ce métal ne se met pas avec le verre et les autres corps solides en contact assez parfait pour y adhérer, de sorte qu'il arrive souvent que le gaz qui se dégage d'un appareil, au lieu de s'élever dans le métal sous forme de bulle, se trouve repoussé autour du bord, où il s'étend sous forme de lame mince, qui s'élève entre le mercure et le tube, et vient gagner la surface à la ligne d'intersection du métal et du tube. Lorsque cela arrive, il est tout-à-fait impossible de recueillir le gaz, puisque pour y parvenir il faut nécessairement qu'il conserve sa forme de bulles en traversant le mercure.

742. Cette perte de gaz ayant lieu sans agiter sensiblement le mercure, est quelquefois imperceptible.

Comme cet effet n'a lieu que lorsque le vase d'où sort le gaz plonge presque verticalement dans le liquide, on l'évite facilement en se servant d'un tube recourbé à son extrémité, de manière à se relever perpendiculairement à la surface du mercure. L'effet dont nous parlons se produit surtout lorsque les vases que l'on emploie ne sont pas parfaitement propres, et alors il suffit souvent, pour s'en garantir, de bien les essuyer; tel est surtout le cas avec les becs des cornues à gaz. Il se reproduit aussi fréquemment lorsque le mercure est crasseux. Il est possible néanmoins qu'il n'ait pas lieu sur-le-champ, mais seulement au bout de quelques instans, l'agitation du mercure réunissant apparemment une couche de saletés autour de l'extérieur du vase, ou diminuant l'adhérence entre le métal et le verre: il faut alors essuyer le verre avec un linge propre, même dans la partie qui plonge dans le mercure. Quelques gaz ont une tendance particulière à produire cet effet; l'on peut citer entre autres les gaz fluoborique, fluorique silicé, et l'euchorine (oxide de chlore). Enfin le gaz s'échappe souvent entre les doigts et le mercure, sans doute à cause de la transpiration adhérente à la surface de la peau; c'est pourquoi lorsqu'on est obligé de faciliter le transvasement des gaz par le contact des doigts, il faut, si l'on a lieu de craindre cet inconvénient, les tenir courbés sous le mercure, de manière à présenter autant que possible le bout des doigts en haut.

743. L'on a souvent de petites quantités de gaz à séparer de quantités plus grandes, surtout dans les expériences analytiques et eudiométriques, où il est nécessaire d'avoir de petits volumes de gaz dans des tubes ou autres vases étroits. On a souvent besoin aussi

de faire passer une portion du gaz recueilli sous l'eau ; dans un autre vase placé sous le mercure, sans y introduire de l'eau.

744. Lorsqu'il ne s'agit que d'une petite quantité de gaz, la méthode la plus simple consiste à le recevoir dans un tube sur la cuve à eau ; boucher le tube avec le doigt, avant de le retirer de l'eau, puis bien essuyer l'extérieur ainsi que la main, en ayant soin que le gaz ne puisse s'échapper pendant cette opération. On porte alors le tube sur la cuve à mercure, on soulève le doigt, et l'on introduit dans le gaz, à travers le mercure, un petit rouleau de papier à filtrer. Appliquant de nouveau le doigt de manière à fermer le tube, et agitant fortement, le petit rouleau de papier a bientôt absorbé une grande partie de l'eau, et l'on peut transvaser le gaz dans un tube rempli de mercure, sans aucun risque de faire passer de l'eau, car elle est retenue par le papier, ou par son adhérence au verre. On obtient ainsi le gaz à l'état sec, ou au moins sans mélange d'aucun liquide aqueux, bien qu'il reste encore nécessairement saturé de vapeur d'eau.

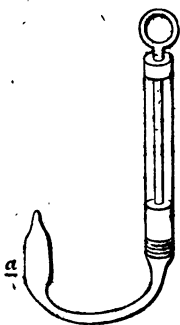
745. On doit à M. Cavendish une invention très-utile pour le même objet, nous transcrivons ici la description qu'en donne le docteur Henry (1) : « On effile à la lampe un tube de huit à dix pouces de long, et d'un très-petit diamètre, de manière à lui donner un orifice extrêmement petit, on le recourbe à cette extrémité dans la forme d'un *l* italique. On plonge ensuite cette pointe dans le mercure, que l'on attire en aspirant avec la bouche jusqu'à ce que

(1) Elements of experimental Chemistry, i. 22.

• le tube en soit rempli. Plaçant alors le doigt sur l'ou-  
 • verture de la partie droite du tube, on le transporte  
 • à travers l'eau, le bout recourbé en haut, dans une  
 • cloche remplie de gaz. Lorsqu'on ôte le doigt, le  
 • mercure tombe dans la cuve ou dans une soucoupe  
 • placée pour le recevoir, et le tube se remplit de gaz.  
 • Il ne faut cependant pas laisser échapper tout le mer-  
 • cure; on doit en conserver une colonne de quelques  
 • lignes de long, que l'on retient avec le doigt. On  
 • retire le tube de l'eau, on le sèche avec du pa-  
 • pier brouillard, puis on introduit la pointe recour-  
 • bée dans l'ouverture d'un tube placé sur la cuve  
 • à mercure. Il suffit de retirer le doigt de l'orifice,  
 • qui dans ce cas se trouve le plus élevé, pour que  
 • le poids de la colonne de mercure, joint à la pres-  
 • sion atmosphérique, fasse passer le gaz du tube  
 • recourbé dans celui qui se trouve sur la cuve à mer-  
 • cure. »

746. M. Pepys a inventé, il y a environ cinq ans, un  
 instrument très-ingénieux pour transvaser sur la cuve  
 de petites quantités de gaz d'un vaisseau dans un autre;

il a bien voulu m'autoriser à publier la description que  
 j'en donne ici. Cet instrument est composé d'un tube de verre d'environ un  
 demi-pouce de diamètre, et cinq pouces de longueur, réuni à un autre tube  
 d'un diamètre plus petit. Ce dernier  
 est recourbé comme on le voit dans la  
 figure; il porte à son extrémité en *a*  
 une chambre cylindrique dans la plus  
 grande partie de sa longueur, et se  
 terminant par un tube capillaire. Dans



le tube cylindrique se trouve un piston glissant à frottement, au moyen d'une garniture d'étoupes et de suif; sa tige, surmontée d'un anneau, sort par une boîte qui ferme le haut du tube sans empêcher le passage de l'air. On remplit de mercure tout l'espace qui se trouve entre le piston et l'ouverture capillaire, lorsque le piston est dans la position indiquée dans la figure; si alors on élève le piston, le mercure le suit, descend dans la chambre *a*, et l'espace qu'il abandonne est immédiatement rempli par l'air ou le gaz qui pénètre par l'orifice capillaire. La tige porte une échelle graduée, au moyen de laquelle on connaît la quantité d'air introduite dans la chambre.

747. On se sert de cet instrument de la manière suivante. Supposons qu'il s'agisse de faire passer un peu de gaz d'une cloche dans un eudiomètre; l'un et l'autre étant placés sur la même cuve : on abaisse le piston jusqu'à ce que le mercure remplisse entièrement la chambre *a*, et même l'ouverture capillaire; on plonge cette extrémité dans le mercure de la cuve, et on la fait passer dans l'intérieur de la cloche qui renferme le gaz, on la relève jusque au-dessus du niveau du mercure, l'on tire alors le piston, le mercure s'abaisse dans la chambre *a*, et se trouve remplacé par le gaz de la cloche. Aussitôt qu'il en est entré une quantité suffisante, on suspend le mouvement du piston, on abaisse l'orifice de l'instrument dans le mercure, et l'on tire un peu le piston, afin de faire entrer un globe de mercure dans la partie capillaire; on introduit de nouveau la chambre *a* dans l'intérieur de la cloche, pour s'assurer que l'on a réussi, puis on retire tout à fait l'instrument hors de la cloche, à travers le mer-

cure. La portion de gaz qui sera entrée dans la chambre *a* y sera renfermée en dessus et en dessous par le métal, et lorsqu'on voudra la transvaser dans l'eudiomètre, il suffira d'introduire l'orifice capillaire dans l'ouverture du tube, et d'abaisser le piston. Le gaz sera immédiatement chassé de la chambre dans l'eudiomètre, avec tant de précision, qu'on pourra introduire avec la plus grande facilité la quantité exacte que, d'après la graduation de l'eudiomètre ou de la tige de l'instrument, on jugera devoir suffire pour l'expérience qu'on se propose. Si l'on mesure le gaz d'après la graduation de l'instrument, il faut que le niveau soit à la même hauteur, au dedans et au dehors de la cloche où l'on prend le gaz; sans quoi le gaz mesuré, comme on vient de le dire, n'aurait pas le même volume à la pression ordinaire.

748. Le même instrument peut servir également pour enlever des portions de gaz d'une cloche sous l'eau, et les transporter à l'état sec dans une cloche ou dans un tube placé sur la cuve à mercure. Après l'avoir rempli de mercure on l'introduit sous la cloche comme on l'a dit ci-dessus. Il arrive rarement que l'eau adhère en quantité sensible au sommet de l'extrémité capillaire; mais s'il en adhérait une goutte, une légère secousse latérale, donnée à l'instrument, suffirait pour la détacher. On élève le piston, le mercure s'abaisse et fait place au gaz qui entre dans la chambre; pour l'y tenir renfermé, on donne une secousse à l'instrument, de manière à lancer un globule de mercure vers l'ouverture capillaire, où on le fixe facilement en abaissant un peu le piston. On retire ensuite l'instrument de la cloche et de l'eau, et, après l'avoir bien

essuyé, on transvase le gaz dans un autre vaisseau comme on l'a dit précédemment.

749. Le docteur Hare se sert de l'instrument que nous avons décrit et représenté (136), pour transporter d'un vase dans un autre, placé sur la cuve à mercure, des quantités de gaz exactement mesurées. La manière de s'en servir ne présente aucune difficulté, et la description que nous en avons donnée doit suffire pour la faire comprendre. Quand il est rempli de mercure, on introduit l'extrémité sous le bord de la cloche contenant le gaz, et retirant la tige d'un certain nombre de degrés, l'on fait entrer dans le tube un volume égal de gaz, qu'il est aisé ensuite de transvaser dans tout autre vase.

750. La manière de mesurer les gaz sur la cuve à mercure est la même que sur la cuve à eau (724); seulement il est peut-être encore plus indispensable de marquer la cloche ou le tube avant d'essayer d'évaluer le volume, parce qu'on est bien plus exposé à voir le gaz s'échapper pendant l'opération, et que d'ailleurs l'on a à craindre un plus grand nombre d'accidens. L'instrument de M. Pepys, ci-dessus décrit, est particulièrement utile pour ce genre d'opération.

751. Lorsque le gaz que l'on veut mesurer est contenu dans un tube, l'avantage du procédé décrit (724, 728) est beaucoup plus grand sur la cuve à mercure que sur la cuve à eau, parce qu'il dispense de transvaser le gaz sous le mercure, opération qui présente toujours quelque incertitude. Mais le chimiste doit alors se rappeler les précautions déjà indiquées à l'égard de la convexité du mercure, qui se trouve placée en sens inverse (122).

752. Dans toutes les mesures et évaluations de gaz sur le mercure, il faut apporter une attention particulière à mettre le métal au même niveau, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la cloche ou du tube. Si l'on n'a pas une masse suffisante de mercure, l'on mesure et l'on note avec exactitude la différence de hauteur entre le niveau du mercure à l'intérieur de la cloche ou du tube, et la surface du même métal dans la cuve. Comme ce niveau intérieur est toujours plus élevé que l'autre, il y a nécessairement une réduction à faire, d'après la hauteur observée du baromètre, pour déterminer le volume du gaz, et le ramener à ce qu'il aurait dû être, à une température et à une pression moyennes.

753. Dans les expériences où il est nécessaire de se servir d'une grande cloche sur la cuve à mercure, il est souvent utile de pouvoir, sans déranger la cloche, y élever ou y abaisser la surface du métal. Si, par exemple, une grande cloche est placée sur la cuve, et qu'il soit nécessaire d'y élever le mercure d'un pouce ou deux, comme dans l'expérience de Lavoisier sur l'analyse de l'air, on y parvient facilement en faisant passer une des branches d'un syphon de verre sous le mercure de la cloche, appliquant la bouche à l'autre branche, et aspirant l'air (739). Quand le mercure est suffisamment élevé, on bouche avec la langue le bout du syphon, et on ne l'ôte que lorsque l'autre branche a été retirée de la cloche, à travers le mercure, de la même manière qu'elle y avait été introduite. Lorsqu'au contraire, durant le cours d'une expérience, le gaz d'une grande cloche a été absorbé, et que le mercure s'y tient très-élevé, de manière à ne pouvoir,



à cause de sa pesanteur, en être déplacé sans quelques précautions, on introduit dans la cloche, comme dans le premier cas, un siphon qui y laisse entrer l'air, et le mercure tombe peu à peu à mesure que l'air rentre. Il est aisé d'empêcher le mercure de pénétrer dans le siphon, en plaçant dans l'ouverture du tube un bouchon de papier tortillé, ou simplement en l'entourant d'un petit morceau de papier.

---

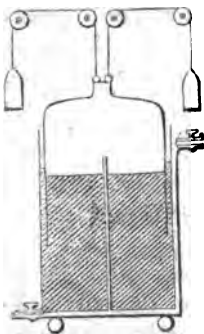
#### § IV. *Des vases destinés à conserver le gaz.*

754. Indépendamment des cloches et des cuves à eau ou à mercure, il existe un grand nombre de vases destinés à conserver les gaz; il est bon que l'étudiant connaisse les principes d'après lesquels la plupart sont construits, ainsi que les différentes manières d'en faire usage. Tous ont leurs avantages respectifs; ils consistent, pour les uns, dans leur grande capacité, pour les autres, dans la facilité de la manipulation; enfin, pour quelques-uns, dans la sécurité qu'ils offrent pour conserver certains gaz d'une nature particulière.

##### *Du gazomètre.*

755. Le vaisseau que l'on désigne ordinairement sous le nom de gazomètre peut être comparé à une grande cloche suspendue dans une cuve, n'ayant que la grandeur nécessaire pour que la cloche puisse y être

entièrement plongée dans une position verticale. Cette cloche, au lieu de reposer sur un support fixe, est suspendue à des cordes ou à des chaînes qui passent sur des poulies, et portent à l'autre extrémité des poids qui tiennent le vase en équilibre. La cuve, ou réservoir, comme on l'appelle dans les grands appareils, est



presque entièrement remplie d'eau, dont la quantité reste constante; l'on augmente ou l'on diminue la capacité destinée à l'air, à l'intérieur de la cloche, en élevant ou en abaissant celle-ci dans l'eau, de manière à ce quelle soit en rapport avec le volume de gaz qu'elle doit contenir. Le gaz entre dans le gazomètre et en ressort au moyen de tuyaux fixés à demeure. Dans les instrumens dont

la forme est encore plus simple, il n'y a qu'un seul tuyau. Il doit alors traverser le fond du réservoir, et s'élever un peu au-dessus de la surface de l'eau. Il suffit de mettre l'ouverture extérieure en communication avec l'appareil où se produit le gaz, pour faire passer ce dernier de l'appareil dans le gazomètre, ou du gazomètre dans l'appareil. La figure ci-jointe, qui donne la coupe de cet instrument, en expliquera le principe, et servira à faire comprendre la manière d'en faire usage; quant aux diverses formes qu'on lui donne, et aux nombreuses additions qu'on peut y faire, il est inutile de nous en occuper. On faisait autrefois dans les laboratoires beaucoup plus d'usage des gazomètres qu'à présent, on apportait le plus grand soin à leur construction, afin d'obtenir une pression uniforme. On en a construit, depuis quelques années, de dimen-

sions très-considérables pour les usines de gaz extrait du charbon de terre, où le système de tuyaux est parfaitement bien entendu.

756. L'usage du gazomètre ne présente rien de difficile. L'eau du réservoir ne doit jamais s'élever assez haut pour pouvoir couler dans le tuyau de conduite, qu'il faut avoir soin de tenir parfaitement propre. Si par hasard, cependant, l'eau venait à y entrer, on la ferait sortir par le robinet inférieur. La cloche doit être de grandeur à pouvoir plonger entièrement dans l'eau s'il est nécessaire; il est aussi avantageux qu'elle se rétrécisse par le haut, pour former une petite chambre destinée à recevoir le bout du tuyau, et à permettre ainsi l'expulsion de l'air, à l'exception de la petite portion que les tuyaux peuvent contenir. Pour remplir la cloche de gaz, on ouvre les robinets, on l'enfonce jusqu'à ce qu'elle soit purgée d'air autant que possible, puis on referme un des robinets, et l'on met l'autre en communication, au moyen d'un joint imperméable, avec l'appareil d'où sort le gaz. Quand l'opération est finie, ou que le gazomètre est suffisamment rempli, on ferme le dernier robinet, et l'on interrompt la communication. Pour se servir du gaz contenu dans le gazomètre, on le fait écouler par celui des robinets qui se trouve placé le plus convenablement pour cet usage.

757. L'entrée du gaz dans le gazomètre, et sa sortie de cet appareil, sont principalement réglées par la pression à laquelle on le soumet.

758. L'on fait varier la pression en ajoutant des poids à la cloche ou à la matière qui établit le contrepoids. Il faut donc avoir soin que la pression exercée par la cloche ne soit jamais supérieure à celle qui doit exister

dans l'appareil. Lorsqu'au contraire on veut employer le gaz que renferme l'instrument, il faut exercer sur le gaz une pression plus grande que la force qui s'oppose à son déplacement; ainsi, une légère pression suffira pour le faire passer du gazomètre dans l'air, ou dans une vessie; mais il faudra une pression beaucoup plus considérable si l'on veut le faire pénétrer à travers un conduit plongé à deux ou trois pouces, ou à un pied de profondeur au-dessous de l'eau.

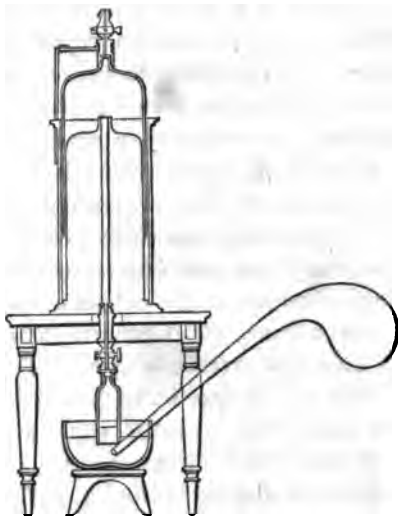
759. Quand on reçoit un gazomètre de l'ouvrier, il faut d'abord s'assurer s'il ferme hermétiquement. A cet effet on verse de l'eau dans le réservoir, et introduisant de l'air dans la cloche, jusqu'à la moitié de sa capacité, on ferme les issues, et on la charge assez pour produire une forte pression. Si au bout de quelques heures la cloche ne s'est pas enfoncée plus qu'elle ne l'était au commencement, c'est une preuve qu'il n'existe aucune issue par laquelle l'air puisse s'échapper.

760. Les gazomètres à mercure sont construits sur le même principe que ceux que l'on vient de décrire; mais comme la masse de mercure nécessaire pour remplir le réservoir serait d'une excessive pesanteur, et entraînerait en même temps à une dépense considérable, on remplit presque toute la capacité avec un noyau solide, qui ne laisse entre lui et les parois du réservoir que l'espace suffisant pour recevoir la cloche, et la quantité de mercure nécessaire pour la fermer hermétiquement. Le premier instrument de cette espèce était en verre, et a été décrit par M. Clayfield (1). Nous devons à M. Pepys (2) un excellent appareil du

(1) Day, *Researches chemical and philosophical*, p. 573.

(2) *Philosophical magazine*, v. 154.

même genre, construit en fer, et disposé d'une manière très-convenable pour l'introduction du gaz produit dans les cornues. M. Newman a réuni cet instrument à sa grande cuve à mercure (1). Nous en donnons la coupe en



marge pour mieux comprendre la manière de remplir le gazomètre : on peut facilement distinguer le noyau solide en fer, les parois du réservoir, ainsi que la cloche à demi remplie de gaz, et fermée en haut par un robinet. Le noyau est traversé par un conduit vertical formé d'un tube de verre scellé au moyen de

ciment ; ce tube s'ouvre à la partie supérieure dans la cloche du gazomètre, et se termine à l'autre extrémité par un robinet. A cette extrémité on adapte, à l'aide d'une vis, un petit entonnoir sous lequel est placée une capsule en verre, contenant du mercure qui doit recouvrir le bord de l'entonnoir à la hauteur d'un tiers ou d'un quart de pouce environ. Cette capsule n'est dans le fait qu'une petite cuve à mercure, au moyen de laquelle on fait passer le gaz de la cornue dans l'entonnoir, et de là, à travers le noyau, dans la

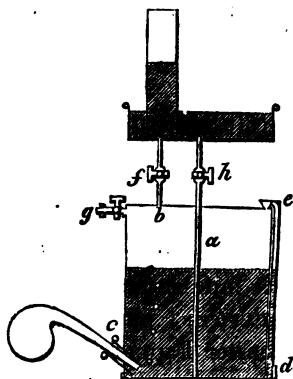
(1) Quarterly Journal of Science, i, 185.

cloche qui est au-dessus. Après avoir rempli le gazomètre de mercure, et disposé l'appareil, la première chose à faire est d'ouvrir les deux robinets, et d'abaisser la cloche dans le mercure jusqu'à ce qu'elle soit purgée d'air, puis de fermer le robinet supérieur, et d'abandonner la cloche à elle-même. La répulsion exercée par le mercure produira dans le verre une tendance à s'élever, et fera en même temps monter le métal dans l'entonnoir, un peu au-dessus du niveau de celui contenu dans la capsule. Si, après avoir laissé les choses une heure ou deux en cet état, on trouve que la cloche ne s'est pas élevée au-dessus de la position dans laquelle on l'avait placée, on peut être assuré que l'instrument ferme hermétiquement. Le col de la cornue, ou le tube qui y est adapté, étant ensuite introduit sous l'entonnoir, on y fait arriver le gaz, et l'on voit alors la cloche s'élever à chaque bulle qui se dégage. Lorsqu'il en est entré une quantité égale à la capacité de l'entonnoir et du tube du gazomètre, on ouvre le robinet supérieur, on abaisse la cloche, et l'on fait sortir le gaz qu'elle contient, qui entraîne avec lui l'air atmosphérique : après avoir répété cette opération une fois ou deux, pour mieux s'assurer que la cloche en est entièrement purgée, on recueille et on conserve ce gaz pour servir aux expériences.

761. Le gazomètre a été en grande partie remplacé par un autre instrument, également de l'invention de M. Pepys (1), dont on ne peut guère se passer dans un laboratoire. On l'a appelé récipient à gaz; c'est un excellent appareil pour conserver un approvisionnement d'oxygène, ou de tout autre gaz, dont on a

(1) *Philosophical magazine*, XIII, 153.

constamment besoin. Il est ordinairement en cuivre vernissé, et consiste en un vaisseau cylindrique clos,



surmonté par une cuve circulaire du même diamètre, mais comparativement d'une petite profondeur; un tuyau *a* part du fond de la cuve, et, passant à travers le haut de la chambre à air, descend jusque près du fond de l'appareil, où il se termine par une extrémité ouverte. Un second tuyau *b* part également de la cuve, mais se termine précisément à la partie supérieure de la chambre à air. Ces deux tuyaux sont fermés par des robinets *f*, *h*, placés entre la cuve et la chambre. Un autre robinet *g* est également adapté au haut d'un des côtés de la chambre à air; enfin un tuyau très-court, et d'un diamètre beaucoup plus large, *c*, entre obliquement dans la partie inférieure de la même chambre, de manière à ce que son ouverture extérieure soit plus élevée que l'autre d'un demi-pouce ou trois quarts de pouce au moins. On le ferme, lorsqu'il est nécessaire, au moyen d'un bouchon à vis. Un tube de verre est fixé en *d* et en *e*, dans deux ouvertures qui donnent dans la chambre à air, en sorte qu'il en fait réellement partie: il sert à indiquer la quantité d'eau, et par conséquent la quantité de gaz à l'intérieur. Tous les joints et toutes les soudures doivent fermer hermétiquement, ce dont on peut s'assurer de la manière suivante. Après avoir fermé le tube *c*, au moyen du bouchon à vis, on ouvre les trois robinets supérieurs, on verse l'eau dans la

cuve, et on la laisse descendre dans la chambre à air jusqu'à ce que celle-ci soit remplie; en cet état on incline un peu l'appareil pour que le robinet latéral *g* se trouve en dessus, et on laisse échapper l'air jusqu'à ce que l'instrument en soit entièrement purgé; après quoi on referme ce robinet ainsi que les deux autres, et s'il reste une petite portion d'air au haut de l'appareil, il faut marquer exactement sur le tube indicateur l'espace qu'elle occupe. Si alors on dévisse le bouchon placé en *c*, l'eau ne devra pas s'échapper par le tube, par la manière dont il est ajusté, à moins que l'air ne trouve au-dessus accès dans l'intérieur, par quelque fente: il suffira donc d'abandonner l'appareil à lui-même pendant quelques heures, pour reconnaître, à la seule inspection, s'il ferme hermétiquement.

762. Cet appareil se remplit de gaz de la même manière qu'une cloche placée sur la cuve pneumatique: fermant les robinets, et ouvrant l'orifice *c*, l'on y introduit le bec de la cornue ou du tube d'où sort le gaz, qui alors monte bulle à bulle à travers l'eau, qu'il finit par déplacer entièrement. Pour se débarrasser de l'eau avec plus de facilité, on peut placer l'appareil auprès de l'évier du laboratoire. Si cependant il est nécessaire qu'il soit placé auprès d'un fourneau, comme cela arrive dans la préparation du gaz oxygène, on l'élève sur un petit tabouret, et l'on reçoit l'eau dans un seau placé au-dessous. On peut faciliter dans ce cas l'écoulement de l'eau, en mettant un peu d'étoupe humide autour du tube qui introduit le gaz en *c* (434).

763. L'abaissement successif de l'eau, et par conséquent la quantité de gaz introduite, sont indiqués par le tube. Quand le gaz ressort en bulles en *c*, c'est une preuve que l'appareil ne peut en contenir davan-



tage : alors on retire le tube ou la cornue, et l'on vissé hermétiquement le bouchon. Dans cet état le gaz est complètement enfermé, et peut être conservé pendant plusieurs mois, pourvu que l'on ait le soin d'entretenir l'eau de la cuve à la hauteur convenable.

764. Le transvasement du gaz de ce récipient dans tout autre vase ne présente aucune difficulté. L'ouverture inférieure n'est alors d'aucun usage, et doit au contraire rester bien fermée. Ouvrant le robinet du tuyau *a*, l'on fera descendre l'eau par ce tuyau au fond de la chambre à air, où elle s'accumulera jusqu'à ce que le gaz qui est au-dessus se trouve comprimé par une force égale au poids de la colonne d'eau que renferme le tube. L'eau cessera alors de descendre, à moins qu'on n'ouvre les robinets *f* ou *g*; mais dès que l'un ou l'autre sera ouvert, le gaz, pressé par la colonne d'eau du tube, se précipitera sur-le-champ au dehors, et sera remplacé par l'eau de la cuve. Le procédé pour remplir une cloche ou une vessie; ou faire passer le gaz à travers un tube, sera donc très-simple. S'il s'agit d'une cloche, après l'avoir remplie d'eau, renversée dans l'eau de la cuve (712), et placée sur l'ouverture du tuyau *b*, on ouvre le robinet *h*, comme on vient de le voir, afin d'opérer une pression sur le gaz, puis l'on tourne avec précaution le robinet *f*, et le gaz, se précipitant par le passage qui lui est ouvert, remplit promptement la cloche. L'eau de celle-ci descend dans la cuve, et remplace celle qui passe dans la chambre à air. Aussitôt qu'il est sorti assez de gaz, on ferme successivement les robinets *f* et *h*, et l'on enlève la cloche remplie de gaz. Si l'on a à remplir une vessie, on en fait d'abord sortir l'air atmosphérique, on attache la vessie au robinet *g*, on produit la pression en ouvrant

*h*, puis tournant *g* avec précaution, l'on remplit la vessie, en ayant soin de remplacer l'eau de la cuve, à mesure qu'elle s'écoule; lorsque l'opération est terminée, on ferme les robinets *g* et *h*, et on ôte la vessie.

765. Il est quelquefois nécessaire d'introduire du gaz d'une vessie dans le gazomètre. Dans ce cas, l'on attache la vessie pleine au robinet *g*, et laissant tous les autres fermés, on ôte le bouchon en *c*, puis on tourne avec précaution le robinet *g*, pour y laisser entrer le gaz; l'eau sortira en même temps par l'ouverture *c*, et lorsqu'on aura introduit la quantité de gaz voulue, l'on refermera le robinet *g*, et l'on replacera le bouchon en *c*.

766. Lorsqu'on veut faire passer du gaz à travers un tube, par exemple, pour alimenter un chalumeau d'oxygène (229), ou produire un jet d'air inflammable, on attache le tuyau du chalumeau au robinet *g*; on soumet le fluide élastique à la pression de l'eau comme ci-dessus, et l'on règle l'émission du gaz suivant le degré d'ouverture qu'on donne au robinet *g*.

767. L'inventeur a pourvu même aux cas où l'on peut avoir besoin d'une pression plus grande que celle de deux pieds d'eau, en joignant à son appareil un long tube et un entonnoir. Ce tube étant vissé dans l'ouverture du tuyau *a*, entretenu plein d'eau, soumet le gaz de l'instrument à la pression d'une colonne de quatre pieds de hauteur, ce qui est d'une grande utilité dans plusieurs circonstances.

768. Il faut avoir grand soin, dans toutes ces manipulations, d'entretenir toujours de l'eau en abondance dans la cuve, pour remplacer celle qui passe dans la chambre à air. Nous ne terminerons pas cet article sans

faire connaître à l'étudiant qu'il est possible qu'il s'introduise de l'air atmosphérique avec l'eau, même quand la cuve est d'une grande profondeur. Lorsque le gaz sort avec rapidité par le robinet latéral, et que par conséquent l'eau descend avec la même vitesse le long du tube, elle acquiert souvent, si l'on n'y fait attention, un mouvement de rotation qui, par des raisons mécaniques faciles à expliquer, finit par produire une cavité s'étendant depuis la surface de l'eau jusqu'au fond du tube. L'air est alors rapidement porté au bas du tube, et se mêlant avec le gaz de l'appareil, en altère la pureté, et peut même, s'il s'agit de gaz inflammable, occasionner de graves accidens. C'est pourquoi, lorsqu'on s'aperçoit que ce mouvement de rotation s'établit, il faut le faire cesser de suite; on peut même aisément empêcher qu'il ne se forme un canal central, donnant passage à l'air, en laissant flotter un morceau de bois léger à la surface de l'eau. Si le mouvement de rotation a lieu, il attirera la masse flottante au centre, et empêchera l'air de descendre, pourvu toutefois qu'on entretienne dans la cuve une quantité suffisante d'eau.

769. Au nombre des vaisseaux propres à renfermer les gaz il faut encore ranger les vessies et les ballons flexibles. Leur principal mérite consiste dans la facilité avec laquelle on peut, en les comprimant, se procurer pendant un espace de temps assez long un courant de gaz continu. On doit avoir dans un laboratoire des vessies de différentes grandeurs. Après en avoir amolli le col dans l'eau, on l'ouvre, et on y introduit l'extrémité inférieure d'une garniture semblable à celle des cornues (780), sur laquelle on le lie fortement avec du gros fil : un robinet vissé dans la garniture complète

**l'appareil. Il faut éviter de se servir des vessies à l'état sec, car l'action mécanique à laquelle la membrane est soumise durant l'expansion et la contraction, la déchire et la met bientôt hors d'état de servir. Pour prévenir cet inconvénient, et ôter en même temps aux vessies leur raideur désagréable, on a soin ordinairement de les mouiller avant d'en faire usage. Ce moyen les rend souples et flexibles pour le moment; mais plus une vessie est mouillée et séchée souvent, plus elle devient raide, et plus tôt il s'y forme des déchirures. On peut rendre une vessie imperméable pour long-temps, en l'imprégnant d'huile; dans ce cas, il est convenable de ne pas la mouiller pour s'en servir; mais la manipulation est toujours moins agréable qu'avec une vessie mouillée. Il faut avoir soin de remplir modérément les vessies, de manière à ce qu'elles ne soient jamais ni trop gonflées, ni trop aplaties, surtout lorsqu'on les mouille chaque fois qu'on en fait usage. Les vessies ne sont pas absolument imperméables aux gaz, surtout à l'état sec; on doit donc éviter d'y laisser trop long-temps des gaz précieux, et jamais au-delà du temps nécessaire à l'opération. L'hydrogène est de tous les gaz celui qui s'échappe le plus facilement par les pores des vessies.**

**770. Les ballons à gaz se font en taffetas huilé, en étoffe imperméable, composée de deux épaisseurs d'un tissu, entre lesquelles on a étendu une couche de caoutchouc: ils sont munis de robinets comme les vessies que nous venons de décrire. Le taffetas huilé est rarement imperméable; sa porosité s'accroît rapidement par l'usage. L'étoffe préparée avec le caoutchouc est infiniment supérieure, et lorsque la couche de cette substance est épaisse, les ballons sont jusqu'à**

la fin imperméables à l'air. Il est bon cependant de faire observer ici qu'il n'en est pas de même de l'étoffe que l'on vend dans le commerce, sous le nom de taffetas gommé; bien qu'imperméable à l'eau, elle ne l'est pas assez à l'air pour servir aux opérations qui nous occupent. Les ballons, ainsi que les vessies, servent avec avantage au transvasement des gaz d'un vase dans un autre, par exemple, d'une cloche dans un récipient à gaz. Lorsqu'ils sont remplis et placés sous une planche chargée d'un poids suffisant, ils fournissent également pendant un long espace de temps un courant de gaz constant.

771. Il est fort utile pour certaines opérations, d'avoir des bouteilles de caoutchouc; on se les procure chez les fabricans d'instrumens, mais il faut avoir soin de s'assurer d'abord qu'elles se dilatent d'une manière uniforme dans toute leur étendue. On est obligé, pour y introduire le gaz, d'employer une pompe foulante, à cause de la force nécessaire pour dilater le caoutchouc; mais lorsque le gaz est une fois introduit, la propriété que possède cette substance de se contracter d'elle-même devient d'une grande utilité pour faire sortir le gaz par le robinet, et constitue le principal mérite de ces bouteilles (230). On peut faire entrer dans une bouteille de trois pouces de diamètre à l'état naturel, plus d'un pied cube de gaz, et elle reprend à peu près sa dimension primitive dès que le fluide est s'échappé.

772. Quoique l'on soit exposé à ne pas réussir une fois sur quatre ou cinq, lorsqu'on veut préparer soi-même cette espèce d'instrumens, nous allons donner ici la description des procédés qu'il faut suivre. On choisit une bouteille d'épaisseur uniforme sur toute sa

surface, non rugueuse à l'extérieur, et de la couleur la plus claire qu'on puisse trouver. Après l'avoir fait chauffer dans l'eau chaude ou à la vapeur, pendant une heure ou deux, on la roule entre ses mains, jusqu'à ce qu'elle devienne flexible, et dès qu'elle est refroidie, on y adapte une garniture à robinet, et on y introduit l'air par degrés, à l'aide d'une pompe de compression. Il arrive ordinairement, lorsque la bouteille commence à se dilater, qu'elle présente quelque partie plus mince que les autres. Si en continuant d'opérer la dilatation, cet amincissement s'étend aux parties voisines, la bouteille est excellente; mais si au contraire la place que l'on a remarquée d'abord s'amincit de plus en plus, sans que le reste éprouve un changement sensible, il est probable qu'on ne réussira pas à en faire un bon instrument. Il faut laisser un léger intervalle entre chaque coup de piston, surtout au commencement de la dilatation. Lorsqu'une bouteille de caoutchouc a été ainsi dilatée et amincie, il faut avoir soin de ne pas l'exposer partiellement à l'action de la chaleur, car alors la partie chauffée se dilate davantage, devient successivement plus mince, et finit par éclater en conséquence de la contraction des autres parties, sur lesquelles la même cause n'agit pas.

773. Enfin, on conserve souvent les gaz dans des flacons de verre, surtout le chlore, que l'on ne peut conserver sur l'eau ni sur le mercure, parce qu'il est soluble dans la première, et qu'il attaque le second. Les flacons à gaz doivent être à large goulot, bouchés avec soin, et de capacités différentes, depuis quatre onces jusqu'à deux pintes. Après avoir bien séché le col et le bouchon, on applique un peu de suif sur ce dernier, que l'on tourne dans le goulot, afin d'étendre

le suif sur toute la surface dépolie, et de mouvoir le bouchon avec facilité, sans qu'il cesse de fermer hermétiquement. Introduisant le gaz comme on le ferait dans une cloche (710), on remet le bouchon à sa place sous l'eau, en l'enfonçant avec force, puis on conserve les flacons, le col renversé dans un vase plein d'eau, dans un endroit sombre, où la température soit sujette à peu de variations. On se sert pour recevoir le col des flacons, de pots en terre vernissés. De cette manière, le gaz ne peut s'échapper, et on le conserve pendant plusieurs mois, et même pendant plusieurs années.

774. On se sert ordinairement de ces flacons pour conserver les gaz, qui, beaucoup plus lourds ou beaucoup plus légers que l'air atmosphérique, sont en même temps solubles dans l'eau; et ne peuvent par conséquent être recueillis sur ce liquide. S'il s'agit d'un gaz léger, comme l'ammoniac, après avoir enduit le bouchon de suif, l'on renverse le flacon dans une position verticale, au-dessus du col de la cornue ou du tube d'où le gaz se dégage, en ayant soin de faire pénétrer le tube jusqu'au fond du flacon; le gaz léger se répand à la partie supérieure, déplace l'air par degrés, et finit par remplir le flacon. Lorsqu'il déborde par le goulot, on y applique une bande humide de papier de curcuma, et par le changement de couleur qu'elle subit, l'on connaît si le gaz du flacon est pur ou à peu près; on retire alors doucement l'appareil, en ayant soin de causer dans le gaz contenu à l'intérieur du flacon le moins d'agitation possible, puis on adapte promptement le bouchon.

775. Il est un grand nombre de gaz, tels que les gaz muriatique, sulfureux et acide carbonique, qui, lors-

qu'on les verse dans un flacon placé dans sa position naturelle, gagnent la partie inférieure; il suffit alors de boucher promptement ce dernier, lorsque le gaz déborde le goulot. Il existe plusieurs moyens de connaître lorsque le gaz est en excès. Avec le gaz muriatique, l'indice le plus certain consiste dans les vapeurs que l'on voit sortir par le goulot du flacon. Pour le gaz sulfureux, on approche avec précaution une bougie allumée de l'ouverture du vase, et si elle s'éteint aussitôt, c'est une preuve que le flacon est rempli. Dans toutes ces manipulations, il est bon, pour avoir le gaz à son plus grand état de pureté, d'en introduire une certaine quantité, même après que le flacon paraît rempli. De cette manière, on peut recueillir ces différens gaz, surtout dans les flacons de petites dimensions, sans qu'il s'y mêle plus d'un cinquantième ou un centième d'air atmosphérique.



*Ajutages et moyens de communication.*

776. L'ordre que nous avons suivi nous ayant déjà amenés à parler des garnitures et des robinets, il devient indispensable de nous occuper plus particulièrement de ces deux modes d'ajutages, ainsi que de plusieurs autres qui facilitent extraordinairement la communication des diverses parties des instrumens ordinaires, et des appareils les plus compliqués. Les robinets en usage dans les laboratoires sont ordinairement en laiton, et se terminent à chaque extrémité par une vis portant un collet ménagé dans le corps du robinet, de sorte qu'au moyen d'une ron-



delle de cuir (778), ils s'adaptent hermétiquement dans les ouvertures taraudées pour les recevoir. La clef doit également s'ajuster dans sa douille, de manière à ne point donner passage à l'air. Elle est ordinairement fixée au moyen d'une rondelle et d'une vis, que l'on peut facilement enlever pour s'assurer si elle est en bon état, et l'enduire d'un peu de suif ou de cire, suivant le besoin. Le robinet ne doit pas avoir intérieurement plus d'un huitième de pouce de diamètre; il est même à désirer que le trou pratiqué dans la clef ait encore moins d'ouverture, parce que plus la section intérieure du robinet sera petite, moins on sera exposé à des pertes de gaz.

777. Les robinets sont sujets à se détériorer par l'usage; plusieurs gaz, tels que le chlore et l'ammoniacque, exercent une action puissante sur le métal; il faut donc les visiter souvent, et graisser la clef (776). Il est également nécessaire de nettoyer de temps en temps le conduit intérieur, et d'en ôter les corps qui, en s'y formant ou s'y déposant, pourraient obstruer le passage. On se sert ordinairement, pour cette opération, d'un fil métallique un peu fort: elle doit être faite avec soin, afin de ne point rayer ou endommager l'intérieur de l'instrument. Nous avons déjà parlé du suif et de la graisse, pour adoucir les mouvemens de la clef, et boucher les petites cavités qui pourraient donner passage à l'air; mais un mélange de deux parties de cire jaune contre une d'huile, est infiniment préférable au suif, et demande à être renouvelé moins souvent. Il faut nettoyer la clef, en l'essuyant avec un morceau d'étoffe quelconque, et bien se garder de la gratter avec un corps dur.

Lorsque, par l'effet d'une action chimique ou de

quelque autre cause, la clef adhère, de manière à ne pouvoir être tournée dans aucun sens, il faut ôter la vis et la rondelle, et chercher à l'ébranler, en frappant l'extrémité avec un morceau de bois, et non avec un corps métallique. Si malgré cela elle résiste encore aux efforts, on laisse tomber quelques gouttes d'huile à chaque extrémité du robinet, on en applique également au bout de la clef, on expose le tout à la chaleur pendant une heure ou deux : il est rare qu'après ce temps la clef ne cède pas aux efforts. Lorsqu'on a fait passer du chlore ou de l'ammoniaque à travers un robinet, il faut le visiter, le nettoyer et le laver aussitôt que la suite de l'opération le permet.

778. Les *rondelles* ou *collets* sont des morceaux circulaires d'une substance molle, telle que le cuir ou le papier, percés au milieu, et passant entre le collet métallique du robinet et les parois de l'appareil, afin de compléter la jonction, et d'empêcher le passage de l'air lorsque le robinet est vissé à sa place. On les coupe ordinairement avec un emporte-pièce dans du cuir de botte mince; et après les avoir laissé tremper dans l'huile pendant un jour ou deux, on les essuie, et l'on peut s'en servir. Il vaut cependant mieux, la plupart du temps, employer de la cire au lieu d'huile. On fait fondre de la cire jaune, et lors que les rondelles y sont restées cinq à six minutes, on les fait égoutter pendant un moment, puis on les laisse refroidir. Lorsqu'on veut s'en servir, on les rend flexibles, à l'aide de la chaleur de la main, avant de les mettre en place. Les rondelles ainsi préparées résisteront quelquefois pendant des heures entières à une pression de dix à trente atmosphères, tandis qu'une rondelle huilée laisserait infailliblement passer le gaz au travers de ses pores; elles

sont également préférables à celle-ci, même pour des pressions ordinaires.

Lorsque l'ajutage doit supporter une température d'environ 100° et au-delà, il vaut mieux se servir d'une ou plusieurs épaisseurs de carte que d'une rondelle de cuir. On peut encore, dans certains cas, faire d'excellentes rondelles avec du caoutchouc en feuilles, tel que le prépare M. Hancock, mais il faut alors visser le robinet avec précaution. Le caoutchouc, à cause de son élasticité, s'adapte promptement contre les substances avec lesquelles on le met en contact immédiat, de sorte qu'il suffit d'une légère pression pour rendre le joint imperméable à l'air. Si l'on serrait la vis avec trop de force, la plus grande partie du caoutchouc formerait un bourrelet autour du collet métallique, ce qui donnerait un ajutage également parfait, mais détériorerait la rondelle, de manière à ce qu'on ne pût plus s'en servir à l'avenir. Pour que la jonction soit exacte, il faut avoir soin qu'il ne se trouve ni saletés ni corps étrangers entre le collet métallique et la rondelle.

779. On a proposé plusieurs changements aux robinets à l'usage des chimistes, mais ils n'ont pas été généralement adoptés. M. Griffiths (1) conseille de les doubler intérieurement de platine, afin de les soustraire en grande partie à l'action des gaz et des autres substances corrosives. M. Crivelli (2) a ajouté aux robinets à gaz une soupape métallique de forme conique, qui les rend plus sûrs et d'une manipulation plus facile, lorsqu'on les emploie pour retenir des gaz sous grande pression.

(1) Transactions of the Society of Arts, XLII, p. 29.

(2) Quarterly Journal of Sciences, VIII, p. 346.

780. *Les garnitures de cornues* sont de petits cylindres en feuille de cuivre mince, resserrés à leur extrémité par l'insertion d'un anneau d'une certaine épaisseur taraudé à l'intérieur, et à bords aplatis de manière à s'adapter parfaitement contre le collet du robinet. Il faut avoir de ces garnitures de différens diamètres, pour pouvoir les ajuster sur des tubes ou des cornues de toutes les dimensions. Sur l'extrémité qui doit porter contre le collet du robinet on pratique ordinairement deux ou trois rainures circulaires, qui rendent l'ajutage plus complet et plus sûr. Il faut avoir soin d'enlever de temps en temps avec une pointe les saletés qui pourraient s'y être logées, et nettoyer l'é-crou de la même manière. On fixe les garnitures sur les tubes ou les cornues de la manière suivante. Après en avoir choisi une assez grande pour recouvrir l'extrémité du tube, en réservant toutefois entre le tube et la garniture un espace de l'épaisseur d'une carte environ pour recevoir le ciment (1033), on chauffe celui-ci au bain de sable pour le liquéfier seulement, on chauffe en même temps la garniture à la lampe ou à la chandelle, jusqu'à ce qu'elle soit assez chaude pour fondre le ciment, puis on l'en garnit intérieurement, à l'aide d'une petite baguette, dans toute la partie cylindrique qui doit être en contact avec le verre. La déposant alors sur le côté, près du bain de sable, afin qu'elle ne refroidisse pas, on fait chauffer l'extrémité du tube ou du col de la cornue, et on applique à l'extérieur une couche du même ciment sur toute la longueur qui doit entrer dans la garniture. Pour que la jonction se fasse bien, il faut que le ciment soit un peu en excès, de manière à former un bourrelet en dehors de la garniture lors-

qu'on y enfoncera le tube. Quand le métal et le verre sont également enduits de ciment liquide, on enfonce la garniture sur le tube dans une position verticale, jusqu'à ce que le verre porte contre le dessous de l'anneau, en faisant en même temps un petit mouvement de rotation pour distribuer également le ciment sur toutes les parties. Lorsque le tout est refroidi, on enlève avec le couteau le bourrelet formé par l'excédant du ciment, et on en unit la surface en passant un fil métallique très-chaud au point de jonction du métal et du verre. S'il arrivait que pendant l'opération un peu de ciment s'introduisit dans l'intérieur de la garniture, il faudrait le détacher avec un couteau avant qu'il fût entièrement refroidi.

781. On peut au besoin, à défaut de garnitures en cuivre, se servir de bouchons de liège. On en choisit un de grosseur convenable, en liège le plus sain qu'on puisse se procurer, et perçant un trou au milieu, on y introduit avec précaution le robinet. On se procure ainsi une excellente garniture; s'il y avait quelques fissures, il suffirait de les boucher avec un peu de mastic (1035).

782. Les tubes de communication (*connecters*) sont des tubes fort courts en métal, taraudés intérieurement, et terminés à leurs extrémités par des surfaces planes, de manière à pouvoir se visser exactement contre les collets des robinets (776). Leurs bords portent aussi des rainures circulaires comme nous l'avons dit à l'égard des garnitures (780); ils servent à faire communiquer les robinets et autres parties des appareils qui portent une vis à leur extrémité; et c'est de là qu'ils tirent leur nom. Il est plus convenable de les faire carrés que cylindriques à l'extérieur, parce qu'il

est alors plus facile de les dévisser, soit avec la main, soit à l'aide d'une clef. On peut, au besoin, les remplacer avec des bouchons percés sur leur longueur (781, 1220).

783. Afin de n'éprouver aucune difficulté dans les ajustages, toutes les vis et tous les écrous doivent être du même pas; il est aussi à propos d'avoir toujours à sa disposition une certaine quantité de robinets, de garnitures, etc.

784. Il est plusieurs manières de reconnaître si ces divers ajustages ferment hermétiquement. S'il s'agit, par exemple, d'un robinet, on le visse sur le plateau d'une machine pneumatique, et l'on fait jouer le piston jusqu'à ce que le mercure soit presque de niveau dans l'éprouvette. Si le niveau du mercure n'a pas changé après un certain temps, c'est une preuve que le robinet ferme hermétiquement. L'on peut aussi le visser sur la garniture d'une cloche (702) placée sur la cuve à eau, élever l'eau dans l'intérieur presque jusqu'au sommet, marquer le niveau, et si après plusieurs heures il n'a pas changé, on peut regarder le robinet comme bon. Il est une méthode encore plus simple, et qui n'est peut-être pas la moins sûre: on ferme le robinet, et après y avoir fait le vide par l'aspiration, on y applique le bout de la langue ou une partie de la lèvre, de manière à ce qu'elle y adhère par la pression de l'atmosphère; si au bout de quelques minutes l'adhérence n'a pas diminué, c'est une preuve que le robinet ferme assez bien pour résister au passage de l'air, même à une pression considérable.

Lorsqu'on veut s'assurer qu'une garniture est fixée de manière à ne rien laisser échapper, on l'essaie de la même manière que les robinets.

785. On fait souvent communiquer les tubes avec certains appareils au moyen de tuyaux de caoutchouc (416). Ceux de forme conique sont extrêmement commodes lorsque les orifices des appareils sont de dimensions différentes ; ils unissent la flexibilité à l'imperméabilité.

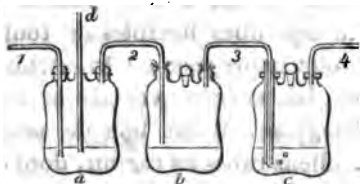
786. La plupart des tubes servant au passage des gaz et des vapeurs sont en matière d'une grande rigidité, telle que le verre, les métaux, la porcelaine, etc. (661) ; mais il est quelquefois avantageux d'en avoir en substances flexibles. Il est aisé de s'en procurer en caoutchouc d'une longueur de trois ou quatre pieds et même davantage, en unissant par leurs extrémités coupées fort net avec un couteau bien aiguisé, un certain nombre de tubes de six à huit pouces de long (416). On fabrique des tubes flexibles de toutes longueurs, avec de la toile imprégnée de caoutchouc à l'état liquide ; l'on en fait encore avec de la toile recouverte d'huile lithargyrée. Il est bon de savoir aussi que l'on fait d'excellens tubes en carton, dont on peut se servir en cas de besoin, surtout dans un grand nombre d'expériences sur les substances aëriiformes, telles que le gaz extrait de la houille, le gaz acide carbonique, etc. On peut les fabriquer soi-même en roulant trois ou quatre épaisseurs de papier enduit de colle, autour d'un tube de verre, d'une baguette ou d'une tige métallique. Lorsqu'il est terminé, on le couvre d'une couche d'huile avec un pinceau, ou bien d'une couche de cire fondue que l'on applique après avoir fait chauffer le tube, ce qui en bouche parfaitement les pores.

787. Lorsqu'on a besoin d'un écoulement de gaz prompt et facile, il faut employer des tubes d'un dia-

mètre suffisant. Rarement il se présente de grandes difficultés sous ce rapport dans les expériences ordinaires du laboratoire; mais dans les arts, et quelquefois même dans les expériences en grand sur la transmission des gaz, de l'air et de la vapeur, on se trouve fréquemment arrêté, si l'on se sert de tubes d'un diamètre trop resserré.

788. Dans un grand nombre de circonstances on a besoin de faire passer les gaz à travers différentes dissolutions : le meilleur appareil dont on puisse faire usage est celui imaginé par Glamber, qui, après quelques modifications, a reçu le nom d'appareil de Woulf.

Cet appareil consiste en une série de vaisseaux clos, placés sur une même ligne, communiquant au moyen



de tubes partant de la partie supérieure de chaque vase, et allant gagner le fond du suivant. On pourra s'en former une idée d'après la figure ci-jointe,

où les vases *a*, *b*, *c*, communiquent à l'aide des tubes 1, 2, 3. Supposons que le gaz soit introduit dans le vase *a* par le tube 1; après avoir agi sur l'eau ou la dissolution qui s'y trouve, il passe par le tube 2 dans le vase *b*, d'où il est transmis au moyen du tube 3 dans le vase *c*. Il est indispensable, comme on peut l'imaginer facilement, que toutes les tubulures par lesquelles s'introduisent les tubes de communication soient hermétiquement fermées; car la pression exercée sur le gaz par le liquide à travers lequel il doit passer, le forcerait infailliblement à s'échapper par les issues qu'il rencontrerait. On connaît plusieurs manières d'ef-



fectuer cette jonction; tantôt on fait passer les tubes à travers un bouchon que l'on entoure avec des bandes de vessie, ou qu'on lute (432, 440, 1011, etc.) comme nous l'avons déjà indiqué; tantôt on use les tubes, au point de jonction, de manière à ce qu'ils s'adaptent à frottement dans la tubulure, autre mode que nous avons également fait connaître (440, 706). Mais ces deux espèces de jonctions donnent une telle raideur à l'ensemble de l'appareil, que l'on est fréquemment exposé à briser les tubes, en raison de l'exiguité de leurs proportions par rapport à la grandeur et à la pesanteur des parties avec lesquelles ils se trouvent en contact, l'on est au moins exposé à déranger les luts à la moindre secousse donnée à l'appareil. Il est donc avantageux d'avoir des jonctions flexibles et mobiles; les meilleures sont, sans contredit, celles que l'on fait avec de petits tubes en caoutchouc de forme conique, attachés au tube de verre par leur partie supérieure, et à la tubulure (418) par la partie inférieure, comme on le voit dans les tubes 2 et 3 du vase *b*. On peut se servir de ces petits tubes avec la plupart des gaz, le chlore étant peut-être le seul des gaz recueillis ordinairement dans l'appareil de Woulf qui puisse les attaquer.

789. L'on a représenté dans la figure un autre mode de jonction mobile, peut-être préférable, mais aussi plus dispendieux (voyez le tube 3 du vase *c*). On fixe hermétiquement dans la tubulure, soit à frottement, soit de toute autre manière, un large tube coupé obliquement à sa partie inférieure, et descendant jusqu'au fond du vase. C'est à travers ce grand tube que l'on fait passer le tube de communication 3, recourbé légèrement à son extrémité, de manière cependant à ce qu'il puisse passer sans difficulté. Au moyen de cette

courbure le gaz est lancé de côté, au-delà des bords du grand tube, dans la dissolution, à la partie supérieure de laquelle il s'élève bientôt. Un ajustage de ce genre est facile à monter et à démonter; car du moment que le tube qui conduit le gaz est fixé à sa place, tout est hermétiquement fermé. Il faut seulement avoir soin que le liquide du vase *c* s'élève au-dessus de l'ouverture du grand tube, et que l'extrémité du tube à gaz descende un peu plus bas.

790. Les joints étant hermétiquement fermés, nous allons montrer l'emploi de l'appareil, en prenant pour exemple le gaz acide muriatique. Cet acide, introduit par le tube, est immédiatement dissous lorsqu'il a le contact de l'eau; le liquide en étant bientôt saturé, l'excédant s'élèvera dans la partie supérieure du vase, et, chassant l'air devant lui, entrera dans le vase *b* par le tube 2. L'action qui a eu lieu dans le premier vase se reproduira dans le second si la disposition de l'appareil est la même; et si elle est telle qu'on le voit dans la figure, le gaz, après s'être dissous dans le liquide, avec lequel il ne se trouve plus alors en contact que par la surface, passera encore dans le vase *c*, ainsi de suite.

791. Telle est l'opération réduite à sa plus grande simplicité; mais elle est susceptible d'un grand nombre de modifications, qui nécessitent plusieurs additions à l'appareil. Parmi les plus essentielles on peut compter les tubes de sûreté, destinés à la rentrée de l'air, lorsque, par une cause quelconque, la pression intérieure se trouve beaucoup moindre que la pression atmosphérique. Supposons, par exemple, qu'on ait interrompu l'introduction du courant de gaz dans les vases *a* et *b*, avant que la dissolution soit terminée; à mesure que l'eau dissoudra le gaz qui la surnage encore, la pres-

sion atmosphérique fera monter le liquide du vase *c* dans le troisième tube, qui le reportera en *b*, et s'il atteint l'ouverture du second tube, il pourra même arriver qu'il s'introduise jusqu'en *a*. Si l'opération avait occasionné un dégagement de calorique, l'abaissement de la température dans l'intérieur de l'appareil suffirait pour produire le même effet, ce qui produirait un dérangement qui ferait échouer l'expérience. On évite tous ces inconvénients en se servant du petit tube de sûreté *d*, appliqué pour la première fois par Lavoisier, d'après une idée suggérée par M. Hassenfratz (1). On l'introduit dans le vase, à travers une ouverture, qu'il ferme hermétiquement, de manière à ce que son extrémité plonge dans le liquide à un demi-pouce ou un peu plus de profondeur. Lorsque l'absorption dont nous avons parlé a lieu, l'air atmosphérique descend à travers le tube, entre dans le vase *a*, et empêche le déplacement du liquide contenu dans les autres. Il est impossible qu'il s'échappe par le tube la moindre portion de gaz, il peut servir en même temps à indiquer la différence entre la pression intérieure et la pression atmosphérique, par la hauteur de la colonne de liquide qui s'y introduit, ce qui est d'un grand secours pour faire connaître la marche de l'opération. Le tube de sûreté de Welter (443), que nous avons décrit plus haut, peut remplacer celui dont nous venons de parler.

792. Lorsque les vases communiquent au moyen d'un tube plus large, servant à la jonction (*voyez* 789, tube 3, vase *c*), ce tube laissant entrer l'air toutes les fois que la pression atmosphérique est beaucoup plus

(1) *Traité élémentaire de chimie*, 453.

forte que la pression intérieure, sert lui-même de tube de sûreté.

793. Avant de commencer une opération au moyen d'un appareil de ce genre, il faut faire attention à la quantité de liquide contenu dans les vases, et à la profondeur à laquelle plonge l'extrémité inférieure des tubes de communication. Supposons que la hauteur de l'immersion soit de deux pouces dans les deux vases  $a$  et  $c$ , le gaz introduit dans l'appareil par le premier tube aura à surmonter une pression de quatre pouces. Si l'on n'y fait attention, cette pression peut considérablement augmenter, quelquefois même au point d'occasionner des accidens dans l'appareil d'où le gaz se dégage, en dérangeant les luts et ajutages, et même en faisant éclater les vaisseaux. C'est donc une règle générale, qu'il ne faut jamais plonger les tubes qu'à la profondeur absolument nécessaire.

794. Dans beaucoup de circonstances, il est même convenable de ne pas faire plonger le tube dans le liquide, surtout lorsqu'on opère en grand. Tel est particulièrement le cas avec l'acide muriatique, car sa dissolution dans l'eau, étant plus pesante que l'eau, ou la dissolution plus faible qui se trouve au-dessous, il tombe de suite au fond. Lors donc qu'on opère sur ce gaz, le tube peut s'arrêter, comme dans le vase  $b$ , à quelque distance de la surface de l'eau; l'eau descendra au fond à mesure qu'elle dissoudra le gaz, et ce mouvement du liquide continuera jusqu'à ce qu'il soit complètement saturé. L'ammoniaque présente un phénomène entièrement opposé; la dissolution de cette substance étant plus légère que l'eau, il faut absolument que le gaz se dégage au fond du vase, pour

se trouver toujours en contact avec les parties les plus faibles de la dissolution.

795. On conduit, dans quelques cas, le gaz au fond du liquide, afin que les bulles, en s'élevant, puissent causer une sorte d'agitation qui facilite la dissolution. Cette disposition est indispensable pour dissoudre le chlore dans l'eau, et offre quelques avantages avec le gaz ammoniac et le gaz acide sulfureux.

796. Quoique l'on ait représenté trois vases dans la figure, il arrive souvent qu'un seul suffit pour l'objet qu'on se propose, alors on peut se servir d'un flacon ordinaire, et les deux ou trois tubes, au lieu d'être placés chacun dans une tubulure séparée, peuvent être introduits tous dans le même bouchon qui est adapté au flacon; on complète la jonction avec du mastic, ou de toute autre manière. Une éprouvette à large ouverture peut aussi, au besoin, servir pour l'appareil de Woulf; l'on emploie souvent à cet usage, dans les manufactures de produits chimiques, de grosses bouteilles de grès.

797, 798. Les dissolutions d'acide muriatique, d'ammoniacque et d'acide sulfureux, sont ordinairement préparées d'avance; mais lorsqu'on a besoin d'une dissolution de chlore, on est dans l'usage de la faire sur-le-champ, en ouvrant sous l'eau un flacon rempli de chlore (773). Après y avoir laissé pénétrer une petite quantité du liquide, on replace le bouchon, et l'on agite le contenu; au bout d'une seconde ou deux, on le débouche de nouveau sous l'eau, et on laisse rentrer une nouvelle portion du liquide, on rebouche, et l'on agite comme la première fois; l'on répète la même opération, jusqu'à ce que le flacon soit à moitié rempli d'eau. Au moyen d'une nouvelle

agitation, presque tout le gaz se trouve absorbé par l'eau ; mais il faut avoir soin, de temps en temps, d'admettre l'air atmosphérique pour remplacer le gaz qui se dissout. Lorsqu'on ouvre la bouteille, soit sous l'eau, soit dans l'air, il faut éviter de retirer entièrement le bouchon du flacon, et ne donner que le degré d'ouverture précisément nécessaire pour laisser entrer l'eau ou l'air atmosphérique, sans quoi l'on s'exposerait à perdre une partie de la dissolution ou du gaz.

799. Avant de passer à un autre sujet, il est à propos de faire remarquer que bien que les gaz puissent se mélanger d'une manière uniforme, en leur donnant le temps nécessaire, et sans recourir à l'agitation, cette opération peut devenir fort longue, surtout dans les vases étroits. Si l'on introduit de l'hydrogène dans une grande cloche à moitié remplie d'oxygène, sans agiter le mélange, il se trouvera, au bout de quelques minutes, en proportions différentes au sommet et au bas de la cloche. Il est donc avantageux d'agiter les gaz, toutes les fois qu'on veut opérer un mélange parfait ; cette précaution est particulièrement nécessaire dans les expériences endiométriques et analytiques, qui nécessitent l'emploi de tubes ou de vases fort étroits pour le mélange des gaz.

---

§ V. *Machines pneumatiques, pompes à main ; opérations auxquelles elles servent.*

800. Les machines pneumatiques et les pompes à main sont des instrumens d'une grande utilité, et d'un usage presque continu dans les laboratoires ; cependant nous n'entreprendrons point de parler ici de la

manière de les construire et de les réparer, car c'est un travail qui ne peut être fait que par un ouvrier expérimenté. L'on a besoin à chaque instant de recourir à la machine pneumatique, non-seulement pour faire le vide dans les récipients pour les expériences qui exigent une pression au-dessous de la pression atmosphérique, mais encore pour enlever l'air des cornues, des flacons, des ballons, etc., avant d'y introduire d'autres gaz. Lorsqu'on n'a pas de machine pneumatique à sa disposition, on peut la remplacer en quelque sorte par une bonne pompe à main. Cet instrument a le grand avantage de pouvoir réunir la faculté de comprimer l'air (771) à celle de l'enlever, sans augmenter beaucoup de prix. Toutes les vis et tous les écrous servant à assurer les communications avec ces appareils doivent être du même pas que les robinets (702, 756, 761, 776), de manière à ce qu'on n'éprouve jamais de difficulté dans les ajustages.

801. Il faut faire attention à ce que les pistons de ces instrumens soient bien huilés, se meuvent avec facilité, et ferment hermétiquement, il faut examiner si les différens joints sont assez parfaits pour que l'air ne puisse s'introduire sur aucun point. Il est aisé d'essayer la machine pneumatique en vissant un robinet fermé sur l'orifice du plateau, et faisant jouer le piston jusqu'à ce que le manomètre indique un vide presque parfait. Quand les pistons sont en bon état l'opérateur sent aisément, en faisant agir le levier, qu'il retire de l'air à chaque coup de piston, et s'aperçoit même facilement qu'il en fait sortir chaque fois un peu moins. La quantité d'air soustraite va graduellement en diminuant jusqu'à ce qu'elle devienne tout-à-fait nulle; le mercure doit alors rester stationnaire dans l'éprou-

vette, à son plus haut point d'élevation ; et l'on sent à la main que le piston ne produit plus d'effet. Si au bout d'un certain temps l'indication donnée par le manomètre n'a subi aucune altération, c'est une preuve que l'air ne pourra pénétrer dans un récipient fixé hermétiquement sur le plateau de la machine, dans lequel on aura fait le vide. D'un autre côté, si, en faisant jouer les pistons, le vide se maintient dans la partie inférieure du corps de pompe, c'est une preuve qu'ils ne donnent aucun passage à l'air.

802. La surface du plateau d'une machine pneumatique doit être parfaitement plane, et il doit suffire d'y appliquer un peu de matière grasse pour que l'intérieur du récipient, dont les bords sont dépolis, soit entièrement soustrait à l'accès de l'air. Lorsqu'on ne se sert pas de la machine pneumatique, on ne doit pas oublier de couvrir le plateau d'un couvercle de fer-blanc, afin qu'il ne se trouve exposé à aucun choc capable d'en endommager la surface, ce qu'il faut soigneusement éviter.

803. Dans une pompe à main, dont toutes les parties sont bien ajustées, on reconnaît facilement si le piston ferme hermétiquement, en bouchant avec un robinet l'une ou l'autre des ouvertures de la pompe, élevant le piston autant que possible, puis le poussant jusqu'au bas du cylindre, si cela se peut, et l'y retenant pendant une ou deux minutes. Ce mouvement comprimera l'air au-dessous du piston, et le raréfiera au-dessus, de sorte que s'il ne ferme pas hermétiquement, l'air qui se trouvera comprimé au-dessous s'échappera par les issues qu'il rencontrera ; par conséquent, lorsqu'on lâchera le piston, celui-ci ne retournera pas, comme cela de-



vrait être , au haut du cylindre , ou au moins à la hauteur où il se trouvait lorsqu'on a commencé à le faire descendre. L'effet serait encore le même , bien que le piston fermât hermétiquement , si quelque autre partie de la pompe était mal ajustée. Ainsi , dans les deux cas , l'imperfection de l'instrument est reconnue , et il faut le faire réparer.

804. Les pompes à main n'ont pas , comme la machine pneumatique , l'avantage d'être accompagnées d'un manomètre ; l'on n'a donc d'autre moyen de juger de la quantité d'air qui reste dans l'appareil que l'effort nécessaire pour faire mouvoir le piston. Lorsque la quantité d'air que fait sortir chaque coup de piston est nulle , le vide est aussi parfait que possible , comme cela a lieu pour la machine pneumatique (801) ; mais ici l'effet est beaucoup plus sensible , parce qu'il n'y a qu'un seul piston en action. Cet effet dépend de l'effort que fait l'air pour soulever et traverser la soupape du piston qui le comprime , et il se manifeste dès que l'on commence l'opération ; puis à mesure que l'air se trouve plus raréfié par suite de l'épuisement , le piston est obligé de descendre toujours plus bas , avant que la portion d'air qui se trouve au-dessous soit assez comprimée pour soulever et franchir la soupape. C'est cet effort de l'air contre la soupape qui , devenant sensible à la main qui tient le piston , dans les machines pneumatiques ordinaires , ainsi que dans la pompe à main , fournit l'indication en question , bien plus aisée à sentir et à observer qu'à décrire clairement.

805. Lorsqu'on n'a à sa disposition qu'un instrument absolument mauvais , et qu'on ne peut ni le remplacer ni le faire réparer , il faut chercher à en corriger

les imperfections autant que possible ; la meilleure manière est de placer un robinet entre l'instrument et l'appareil dans lequel on veut faire le vide , et d'interrompre la communication aussitôt qu'on a obtenu , en faisant jouer rapidement le piston , le vide le plus complet qu'on puisse espérer.

806. L'on doit autant que possible préserver ces instrumens de tout choc violent et de toute action chimique. Il convient donc de les placer non dans le laboratoire, mais dans l'endroit où l'on tient la balance (25) ainsi que les autres appareils que les vapeurs des acides pourraient endommager. Lorsque , dans un cas d'absolue nécessité , l'on a été obligé d'y faire passer quelque gaz de nature à exercer la moindre action sur le métal, le cuir, l'huile, etc., il faut se hâter de faire jouer l'instrument à l'air aussitôt qu'il n'est plus indispensable à l'expérience, afin d'en chasser immédiatement tout le gaz, et empêcher par là, s'il est possible, qu'il ne se détériore; autrement il faudrait sur-le-champ le démonter et le nettoyer.

807. La pression de l'air atmosphérique sur les vases dans lesquels on a fait le vide est d'environ quinze livres par pouce carré de surface, ce qui forme un poids énorme pour les vaisseaux de grandes dimensions. La forme des vases destinés à supporter cette pression doit donc être l'objet d'une attention particulière ; surtout lorsqu'il s'agit de vases de verre, les seuls que l'on emploie ordinairement dans les laboratoires. Les récipients de la machine pneumatique sont toujours en forme de dôme à leur partie supérieure, nous sommes d'ailleurs déjà entrés dans quelques détails sur la forme qui convient aux cornues dans lesquelles on veut faire le vide (396). Les cornues sont des vases si com-

modes pour renfermer les corps solides ou liquides sur lesquels on veut faire le vide, et pour recevoir la matière gazeuse qui doit agir sur la substance qu'elles renferment; elles donnent tant de facilité pour soumettre à l'action de la chaleur les substances plongées dans le gaz, lors même qu'elles sont en communication avec la machine pneumatique, et pour observer ce qui se passe dans l'intérieur, que l'on peut dire qu'elles sont indispensables dans toutes les expériences où les corps gazeux agissent soit les uns sur les autres, soit sur les substances solides ou liquides. Les ballons sont aussi constamment en usage pour cet objet, parce qu'ils supportent fort bien le vide, et qu'ils sont fort commodes pour le mélange des gaz. Les flacons de Florence ordinaires (347), en raison de leur forme, peuvent également supporter un vide complet malgré leur peu d'épaisseur; ces divers instrumens s'adaptent facilement à la machine pneumatique et à la pompe à main, au moyen des garnitures à robinet (776).

808. Il faut avoir bien soin de préserver du moindre choc les vases dans lesquels on a fait le vide, sans quoi l'on serait exposé à les voir se briser sur-le-champ. Il suffit quelquefois pour faire casser une cornue, un flacon ou un ballon, de les poser avec précipitation sur une table, surtout s'il se rencontre dessous un grain de sable ou le plus petit corps dur; enfin un léger coup d'une baguette de verre ou d'un fil métallique, qui n'aurait produit aucun effet sur le vase en son état naturel, le briserait alors en mille pièces.

809. Il faut prendre la précaution, lorsqu'on fait le vide pour la première fois dans un vase de verre, de l'envelopper d'une étoffe quelconque avant de faire agir le piston. S'il se brise par la seule pression de l'air

atmosphérique, l'on n'est pas exposé à ce que les fragmens se projettent au loin. Il faut sur-le-champ enlever avec précaution les morceaux qui pourraient être tombés sur le plateau de la machine pneumatique ou s'être introduits dans l'intérieur du robinet, afin qu'ils n'endommagent ni le plateau ni aucune partie de l'instrument.

810. L'opération par laquelle on retire l'air d'un vase pour le remplacer par un gaz quelconque, ne présente en général aucune difficulté, et sera facilement comprise par la description que nous allons en donner. On recueille le gaz dans une cloche à robinet (714), sur l'eau ou sur le mercure suivant sa nature, et l'on visse un tuyau de communication à l'extrémité supérieure du robinet de cette cloche. Le vase dans lequel il faut faire le vide doit être également muni dans sa partie rétrécie d'une garniture et d'un robinet au moyen duquel on le visse sur la machine pneumatique ou sur la pompe à main, et que l'on ferme lorsque le vide a été fait. On fixe alors le vase au tuyau de communication vissé sur le robinet de la cloche, puis ouvrant peu à peu les deux robinets, on laisse écouler le gaz jusqu'à ce que le vase en soit tout-à-fait rempli ou en contienne une quantité suffisante pour le but qu'on se propose. S'il est nécessaire de déterminer le volume de gaz qui s'est introduit, il faut égaliser le niveau à l'intérieur et à l'extérieur de la cloche (724), mais il ne faut pas perdre de vue que la température de l'intérieur du ballon doit être la même que celle de l'air ambiant. L'air, en commençant à se précipiter dans un vase vide, occasionne à l'intérieur un abaissement de température, mais bientôt après elle s'élève de nouveau, (deux effets produits par des causes bien connues). C'est pourquoi, afin de prévenir l'influence que pour-

raient avoir ces changemens accidentels de température, on égalise le niveau en dehors et en dedans de la cloche, on ferme le robinet, et on laisse l'appareil en cet état pendant deux ou trois minutes; cet intervalle expiré on égalise de nouveau le niveau, et, ouvrant le robinet, l'on observe en même temps la surface de l'eau dans la cloche; s'il y a changement de hauteur c'est que la température a changé à l'intérieur; il faut alors fermer le robinet et recommencer comme précédemment; si, après un intervalle de cinq minutes, on n'aperçoit en ouvrant le robinet aucun changement dans le niveau, c'est une preuve que la température est la même que celle de l'air atmosphérique. L'on ferme alors définitivement les robinets, et l'on enlève le vase pour se servir du gaz qu'il contient, suivant les besoins de l'expérience.

811. Il arrive quelquefois, lorsque le gaz a été recueilli sur l'eau, qu'une goutte ou deux de ce liquide est restée adhérente près de l'ouverture supérieure de la cloche, et qu'en laissant échapper le gaz avec violence, cette eau se trouve entraînée par la force du courant dans le vase purgé d'air. C'est un inconvénient qu'il faut éviter avec soin, et, indépendamment des autres précautions, il est toujours bon d'introduire un peu de papier à filtrer chiffonné, par le haut du tuyau de communication, de manière à ce qu'il se trouve, sans boucher le passage, entre les ouvertures des deux robinets. Ce papier s'emparera de toutes les gouttes d'eau qui pourraient être entraînées avec le gaz.

812. Cette précaution est indispensable lorsqu'il s'agit de peser les gaz, de mélanger ceux qui sont attaques par l'eau ou par le mercure, ou qui donnent des produits altérables par ces deux substances; enfin

lorsqu'il s'agit d'exposer certains corps à l'action des gaz ou des vapeurs.

813. Pour les opérations qui nécessitent la compression des gaz, au lieu de leur dilatation, on se sert de la pompe à main dont nous avons parlé (800 et suiv.); le récipient dans lequel on veut comprimer le gaz doit être vissé à l'extrémité qui sert d'issue au fluide élastique, et l'autre orifice de l'appareil doit communiquer au moyen d'un tube ou de toute autre manière avec le gazomètre, ou le vase contenant le gaz à comprimer. Lorsqu'on fait jouer le piston, le gaz du gazomètre est aspiré par la pompe et refoulé dans le récipient. Supposons, par exemple, que l'on veuille condenser de l'oxygène à quatre ou cinq atmosphères dans un vase de cuivre pour faire un chalumeau (230) : après y avoir fait le vide, on le dévisse et l'on fixe l'ouverture supérieure de la pompe sur le vase qui contient le gaz oxygène. Il est alors nécessaire de chasser l'air renfermé dans l'appareil ainsi que celui qui est contenu dans le tuyau ; deux ou trois coups de piston suffiront pour produire cet effet. Le globe étant vissé à l'orifice inférieur de la pompe, et tous les robinets ouverts, l'oxygène passera immédiatement et le remplira sous la pression d'une atmosphère, puis, faisant jouer le piston, on en fera entrer de nouvelles portions jusqu'à ce qu'il soit à la pression voulue, après quoi l'on fermera les robinets et l'on démontera l'appareil. On peut juger de la quantité de gaz introduite par la quantité sortie du gazomètre.

814. Les cornues et les flacons ne peuvent supporter à l'intérieur une pression aussi grande qu'à l'extérieur, il en est beaucoup qui supportent parfaitement le vide, et qui cependant éclateraient long-temps avant d'être

soumis à une pression intérieure de deux atmosphères. Le simple souffle de la bouche suffirait pour faire éclater ces flacons de Florence, dont l'épaisseur est si faible. Il faut donc que les vaisseaux de verre destinés à renfermer des gaz comprimés réunissent une épaisseur considérable à un petit diamètre. Dans ce cas l'on se sert avec avantage de petits ballons ainsi que de petits tubes bouchés avec soin à l'une de leurs extrémités. Il résulte de plusieurs expériences de M. Brunell, qu'un tube de cristal, égal dans toutes ses parties, et dont l'épaisseur est au diamètre intérieur comme 10 est à 18, peut supporter une pression intérieure de 135 atmosphères. Il est facile, en partant de ces résultats, de déterminer à l'aide d'une règle de proportion la force de tous les tubes de verre. Si le verre n'a que la moitié de cette épaisseur, avec le même diamètre, le tube ne supportera par conséquent que la moitié du nombre d'atmosphères, etc. Néanmoins, dans les expériences il ne faut jamais faire supporter à un tube que le tiers, ou tout au plus la moitié de la pression à laquelle il paraît devoir résister par le calcul.

815. Les garnitures servant à attacher à la pompe à main les tubes que l'on veut soumettre à une pression intérieure, doivent être assurées avec beaucoup de soin afin qu'elles ne soient pas exposées à se déranger, et à laisser échapper le gaz ou l'air. Il faut avoir la précaution de former avec une lime des raies irrégulières sur la surface extérieure du verre, et opérer la jonction au moyen du ciment le plus solidement possible (780), après quoi l'on enduit l'extérieur de la garniture et une partie du verre au-dessous avec une couche de ciment assez chaud pour être encore à demi liquide

lorsqu'on l'applique. Sur cet enduit on applique des filamens de chanvre que l'on fait se croiser plusieurs fois en allant du verre sur la garniture et de celle-ci sur le verre, et l'on recouvre le tout entièrement d'une seconde couche de ciment, ce qui aide beaucoup à empêcher que la garniture ne se sépare du verre. On peut quelquefois au lieu de chanvre se servir d'une bande étroite de canevas clair, de toile, ou de mousseline épaisse que l'on fait revenir une fois ou deux autour du joint, mais quelle que soit la substance qu'on emploie, il faut toujours qu'elle soit non-seulement bien imprégnée, mais encore entièrement recouverte de ciment.

---

§ VI. *Correction du volume des gaz sous le rapport des différences de température et de pression.*

816. Dans toutes les expériences relatives aux volumes des gaz nous avons recommandé de constater l'élévation de la température et la pression barométrique au moment de l'opération (735). Cette précaution a pour but de mettre le chimiste à même de comparer entre eux les résultats obtenus à des époques différentes. Lorsque l'on élève la température des gaz, la pression restant la même, ils augmentent de volume; si au contraire on abaisse la température, ils se condensent. D'un autre côté, si la température est constante, et que la pression varie, il y aura de même des variations dans le volume, car il s'accroît à mesure que sa pression diminue, et diminue lorsqu'elle s'accroît; mais ces variations de volume sont constantes, et déterminées d'une manière précise pour



chaque variation de pression. Comme la température et la pression atmosphérique varient continuellement, il est évident que les mêmes expériences faites à des époques différentes donneront presque toujours des résultats différens, et l'on commettrait des erreurs si l'on n'avait point égard, en comparant entre eux les volumes des gaz, à l'influence de la température et de la pression à laquelle ils étaient soumis : il faut donc tenir une note exacte de l'une et de l'autre. Lorsqu'on a eu cette précaution, il est aisé, au moyen du calcul, de ramener à la même température et à la même pression les volumes des gaz dont on s'est servi à diverses époques, et de pouvoir ainsi les comparer entre eux. En effet, le volume d'un gaz étant supposé connu à toutes les températures et à toutes les pressions, il suffira de choisir une pression et une température déterminées, et de ramener dans toutes les circonstances le volume du gaz observé à cette pression et à cette température.

Les bases généralement adoptées en Angleterre, comme représentant la moyenne de la température et de la pression, sont pour la première 60° de Fahrenheit (1), et pour la seconde trente pouces de mercure (2); c'est donc à ces deux points qu'il faut toujours ramener le volume de gaz, quel que soit le degré auquel on l'ait observé : nous allons expliquer comment on y parvient.

*Manière d'obtenir le volume d'un gaz à une température déterminée.*

817. Il résulte des expériences de MM. Gay-Lussac et Dalton, que tous les gaz et toutes les vapeurs, de

(1) 15°,5 centigrade, à peu près. — (2) Représentant 711 millim 192.

quelque nature qu'ils soient, sont toujours affectés également dans leur volume par les changemens de température, quand ils ne sont pas en contact avec des liquides. Chaque variation d'un degré du thermomètre de Fahrenheit, en plus ou en moins, produisant dans le volume pris à 32° de la même échelle un accroissement ou une diminution de  $\frac{1}{480}$  de ce volume, cette proportion une fois connue, il est aisé de calculer combien un volume de gaz à une température donnée, par exemple à 60° de Fahr., serait diminué ou accru par un changement d'un ou de plusieurs degrés. En effet, quoique chaque degré de différence ne produise pas une variation de  $\frac{1}{480}$  du volume à 60°, le rapport est aisément déterminé en ajoutant 28, ou la différence entre 32° et 60°, à 480, ce qui donne 508, et indique que  $\frac{1}{508}$  du volume à 60° doit être considéré comme représentant l'augmentation ou la diminution qui a lieu par chaque degré en plus ou en moins. En effet, supposons 480 parties de gaz à 32° : à 33°, elles formeront 481 parties ; à 34°, 482 ; enfin à 60°, 508 parties. Le changement produit par chaque degré étant égal à  $\frac{1}{480}$  du volume à 32°, sera exprimé à une température quelconque, en ajoutant au nombre de 480 la différence entre le degré observé et 32°.

818. La règle de correction qu'il faut appliquer à tout volume de gaz qui ne se trouve point à 32°, consiste donc à ajouter à 480 le nombre de degrés au-dessus de 32°, à diviser par cette somme le volume observé, ce qui indiquera la dilatation ou la condensation pour chaque degré ; à multiplier ce résultat par la différence de degrés entre la température observée et celle à laquelle le gaz doit être ramené, ce qui donnera par conséquent la dilatation ou la condensation

totale; on soustrait ensuite ce produit, si la température observée est au-dessus de la température corrigée, et on l'ajoute, si la première se trouve au-dessous de la dernière : c'est ainsi qu'on tient compte de la condensation ou de la dilatation qui aurait effectivement lieu si la température du gaz était réellement ramenée au point désiré.

819. Pour éclaircir par un exemple ce que nous venons de dire, supposons que 100 pouces cubes de gaz à 70° Fahr. doivent être ramenés à la température moyenne, ou à 60°. La différence entre 70°, température observée, et 32°, est 38, qui, ajouté à 480 = 518 : les 100 pouces divisés par 518 donnent 0,19305 de pouce cube, nombre représentant la dilatation entière pour chaque degré, et qui, multiplié par 10, différence entre 70° et 60°, donne 1,9305 pouce cube pour total de la dilatation; ce nombre soustrait de 100 pouces cubes, laisse 98,0690 pouces cubes pour le volume qui serait occupé par le gaz à 60° Fahr.

820. Supposons maintenant que les 100 pouces cubes soient observés à 50° au lieu de 70°, on obtiendra la dilatation pour chaque degré en ajoutant 18, ou la différence de 32° à 50°, à 480 = 498; divisant 100 pouces cubes par ce nombre, on aura 0,2008032 de pouce cube, pour représenter la dilatation pour chaque degré à 50°; ceci multiplié par 10, différence entre 50° et 60° = 2,008032 pouces cubes, qui serait la dilatation entière pour les 10° de 50° à 60°. Cela étant ajouté à 100, fait 102,008032 pouces cubes pour le volume de gaz corrigé. Le nombre des décimales a été calculé dans ces exemples beaucoup au-delà de ce qui est ordinairement nécessaire (1).

(1) En France, où l'on se sert exclusivement du thermomètre centigrade, l'on

*Correction relative à la pression.*

821. Boyle et Kooke ont été peut-être les premiers à observer que les volumes des gaz variaient en raison inverse de la pression exercée sur eux; mais Mariotte étant le premier qui ait énoncé et développé cette loi, elle a reçu le nom de loi de Mariotte. Bien qu'on ait quelquefois mis en doute son exactitude à de hautes pressions, elle a été confirmée par les résultats récents obtenus par Oersted (1). Quelle que soit d'ailleurs son exactitude à de hautes pressions, on peut la regarder

ramène constamment le volume des gaz à la température de 0°. La règle à suivre est extrêmement simple, et absolument la même que celle qui vient d'être donnée, seulement il faut se rappeler que le 32° du thermomètre de Fahrenheit correspond au 0° centigrade, et que pour chaque degré du thermomètre centi-

grade, la dilatation des gaz est de  $\frac{1}{266,67}$  de leur volume à zéro. Avec cette modification, et en suivant la même série de raisonnemens, l'on arrive à cette conclusion que la variation du volume pour un degré quelconque de température peut être obtenue en ajoutant à 266,67 la différence entre 0° et la température observée (c'est-à-dire le nombre qui exprime cette température), et divisant par cette somme le volume observé; si l'on multiplie ensuite ce nombre par celui qui exprime la température, l'on aura la variation totale depuis 0°, et retranchant cette quantité du volume même qui a été observé, l'on obtiendra le volume à zéro. Ainsi, en représentant le volume à 0° par  $u$ , le volume observé par  $V$ , et la température par  $d$ , l'on aura la formule  $u = V - \left( \frac{V}{266,67 + d} \right) d$  qui est la

$$\text{même que la suivante } u = \frac{V}{1 + \left( \frac{1}{266,67} \right) d}, = \frac{V}{1 + d \times 0,00375}.$$

Pour se servir de cette formule, il suffira de remplacer  $V$  et  $d$  par les nombres fournis par l'observation, et le nombre  $u$  donné par le calcul sera le nombre cherché.

Supposons que l'on ait obtenu pour résultat d'une expérience 102,5 millimètres de gaz à la température de 12° centigrade, il faudra, dans la formule précédente, remplacer  $V$  par 102,5,  $d$  par 12, et l'on aura :  $u$ , ou le volume à zéro

$$= \frac{102,5}{1 + 12 \times 0,00375} = \frac{102,5}{1,045} = 98,08612.$$

A. B.

(1) Phil. mag. LXXVIII, 102.

comme rigoureusement vraie aux pressions ordinaires qui sont indiquées par le baromètre, ainsi qu'aux plus grandes variations produites par la différence de niveau à l'intérieur et à l'extérieur d'une cloche placée sur la cuve à mercure ou à eau (724, 736).

822. Une pression de 30 pouces de mercure, observée au moyen d'un baromètre exact, a été prise pour *pression barométrique moyenne*; c'est donc à ce point qu'il faut ramener les volumes de gaz observés à toute autre pression (735). Il suffit pour cela de comparer la hauteur observée avec la hauteur moyenne, ou 30 pouces, et de multiplier ou diviser le volume observé par le rapport inverse. Ainsi l'on dira, la hauteur moyenne du baromètre est à la hauteur observée, comme le volume observé est au volume que l'on cherche. Supposons, par exemple, que 100 pouces cubes de gaz aient été observés lorsque le baromètre était à 30,7 pouces : alors 30 pouces ou la hauteur moyenne, sont à 30,7 pouces ou la hauteur observée, comme 100, c'est à dire le volume observé, est à un quatrième terme obtenu en multipliant le second par le troisième terme, et divisant par le premier : ainsi,  $30,7 \times 100 = 3070$ , ce qui divisé par 30 = 102,333 pouces cubes, qui serait le volume du gaz à 30 pouces de pression barométrique. Si nous considérons le gaz comme ayant été observé à 28,9 pouces du baromètre, 30 pouces ou la hauteur moyenne seront alors à 28,9 pouces ou la hauteur observée, comme 100 est à 96,333 pouces cubes, ce dernier nombre étant le résultat de 28,9 multiplié par 100 et divisé par 30, suivant la règle. Supposez encore une quantité de gaz de 30 pouces cubes placée sur le mercure sous une cloche, le niveau du métal à l'intérieur étant de 3 pouces plus élevé qu'à l'extérieur, et le

baromètre à 29,4 pouces. Comme dans ce cas la colonne de 3 pouces de mercure sous la cloche fait équilibre à 3 pouces de la pression barométrique, celle-ci, au lieu d'être de 29,4, n'est effectivement que de 26,4; la correction sera donc donnée par la proportion : 30 pouces sont à 26,4 pouces, comme les 20 pouces cubes observés sont à 17,6 pouces cubes, volume que le gaz aurait réellement si le mercure était au même niveau à l'intérieur et à l'extérieur de la cloche, et que le baromètre fût à 30 pouces (1).

823. On est constamment obligé de corriger ces mêmes volumes de gaz sous le double rapport de la température et de la pression, et il est évident qu'il importe peu par quelle correction l'on commence, le résultat étant le même dans l'un et l'autre cas.

824. Le docteur Hall a construit un instrument (2) qu'il a appelé aéromètre, et qui est destiné à faire en même temps les corrections relatives à la température de l'atmosphère à la pression barométrique, et à la différence de niveau de la cuve pneumatique. Il consiste en une boule de verre de quatre pouces et demi cubes de capacité, attachée à un long tube dont la capacité est d'un

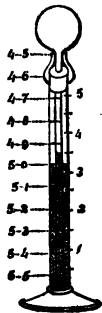
(1) Ces nombres expriment des pouces anglais, qui sont plus petits que les mesures françaises de même nom (voyez à la fin de l'ouvrage le tableau comparatif des mesures anglaises et françaises) : la pression à laquelle on ramène les gaz est en France de 0,76 mètre. Toutes ces réductions se font avec la plus grande facilité au moyen de la formule  $V = \frac{v' p'}{P}$ , qui n'est autre chose que l'expression de la loi de Mariotte, et dans laquelle P représente la pression ordinaire de 0,76 mètre, p' la pression à laquelle on fait l'expérience, v' le volume observé, et V le volume cherché; ainsi supposant que le volume soit de 98,08612, à la pression de 0,78 mètre, ce même volume ramené à la pression de 0,76 mètre sera :

$$\frac{98,08612 \times 0,78}{0,76} = 100,66573.$$

A. B.

(2) Quarterly journal of sciences, V, 52.

pouce cube. Ce tube est inséré dans un autre tube ayant à peu près la même longueur, et supporté sur un pied, comme dans la figure. Le premier tube peut être maintenu dans le second, à la hauteur voulue, au moyen d'un ressort adapté à la partie supérieure. Cinq pouces cubes d'air à la température et à la pression moyennes, étant introduits dans la boule et dans le tube, et occupant la moitié de ce dernier, l'autre moitié ainsi que la partie



remplis du liquide de la cuve pneumatique, soit de l'eau, soit du mercure. Le point où l'air et le liquide se rencontrent dans le premier tube est alors marqué 5, et les deux parties supérieures et inférieures sont divisées en cinq parties égales, indiquant chacune des dixièmes de pouce cube. Le tube extérieur doit être marqué au moyen d'une échelle divisée en pouces.

Pour corriger par les indications de cet instrument le volume de gaz renfermé dans les cloches sur la cuve pneumatique, il faut mesurer la différence des niveaux du liquide de la cloche et de la cuve, et produire la même différence dans les hauteurs extérieure et intérieure du liquide de l'aéromètre. Le gaz de l'instrument, et celui de la cloche, sont alors précisément au même état, et le volume observé dans le premier servira à corriger le dernier. Si donc il y a 5,2 pouces cubes dans l'aéromètre, et 74 pouces cubes dans la cloche, on aura 5,2 est à 5, volume que renferme l'instrument à la température et à la pression moyennes, comme 74 est à 71,15, volume corrigé du gaz de la cloche,

*Manière de prendre le poids des gaz.*

825. e procédé le plus simple en principe, pour peser un gaz, est de faire le vide dans un ballon ou dans un flacon léger, muni d'une garniture à robinet, d'en faire la tare exacte (55, 56), puis de le visser sur une cloche graduée contenant le gaz à peser (714). On laisse entrer autant de gaz qu'il est possible, et après avoir attendu que la température soit revenue au même degré que celle de l'atmosphère, et après avoir établi la même pression à l'intérieur et à l'extérieur de la cloche, on connaît par la graduation de cette dernière la quantité de gaz qui a passé dans le ballon; pesant alors le ballon, on verra de combien son poids est augmenté: cette augmentation sera le poids du gaz introduit.

826. Les ballons et les flacons nécessaires à ce genre d'expérience se trouvent chez les fabricans d'instrumens. Il faut, quand on s'en sert, les tenir parfaitement propres, et aussi secs que possible, et ne rien laisser adhérer à l'extérieur qui puisse en altérer le poids. On note la température, et on la conserve soigneusement au même degré pendant toute la durée de l'expérience; c'est pourquoi l'on ne doit manier le ballon qu'avec toute la précaution possible (729). On note également la pression du baromètre. Si le gaz est dans une cloche placée sur l'eau, il faut y introduire avec précaution (811) le petit morceau de papier, que nous avons précédemment recommandé en parlant des tubes de communication; il est en outre à propos de laisser échapper une petite quantité de gaz, avant de visser et d'assurer les pièces ensemble, afin d'expulser l'air ordinaire contenu dans les robinets.



TABLE DE LA PROP. D'EAU CONTENUE DANS LES GAZ. 415

827. Un gaz placé sur l'eau se sature de vapeur aqueuse, dont la quantité est proportionnelle à la température. Dans ce cas, une partie du volume observé, ainsi qu'une partie du poids, sont dus à la vapeur; il faut donc évaluer la quantité de celle-ci avant de pouvoir déterminer le véritable volume du gaz qu'on examine. La table suivante présente la proportion du volume de vapeur aqueuse existant dans tout gaz placé sur l'eau, ou en contact avec ce liquide, aux températures correspondantes, et à la pression barométrique moyenne de 30 pouces.

|              |              |              |                 |
|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| 40° — ,00933 | 50° — ,01333 | 60° — ,01860 | 70° — ,02566    |
| 41 — ,00973  | 51 — ,01380  | 61 — ,01923  | 71 — ,02653     |
| 42 — ,01013  | 52 — ,01426  | 62 — ,01980  | 72 — ,02740     |
| 43 — ,01053  | 53 — ,01480  | 63 — ,02050  | 73 — ,02830     |
| 44 — ,01093  | 54 — ,01533  | 64 — ,02120  | 74 — ,02923     |
| 45 — ,01133  | 55 — ,01586  | 65 — ,02190  | 75 — ,03020     |
| 46 — ,01173  | 56 — ,01640  | 66 — ,02260  | 76 — ,03120     |
| 47 — ,01213  | 57 — ,01693  | 67 — ,02330  | 77 — ,03220     |
| 48 — ,01253  | 58 — ,01753  | 68 — ,02406  | 78 — ,03323     |
| 49 — ,01293  | 59 — ,01810  | 69 — ,02433  | 79 — ,03422     |
|              |              |              | 80 — ,03533 (1) |

828. En consultant cette table, qui est fondée sur les expériences de M. Dalton et du docteur Ure, et qui comprend toutes les températures auxquelles il est vraisemblable que des gaz seront pesés, on peut aisément déterminer le rapport qui existe entre le volume du gaz sec et du gaz saturé de vapeur. Il suffit de chercher sur la table la température à laquelle le gaz a été observé, l'on trouvera vis-à-vis le rapport en volume de la vapeur aqueuse à une pression de 30 pouces. Le volume de cette dernière doit alors être ramené

(1) Les températures sont exprimées ici en degrés du thermomètre Fahrenheit. Voyez à la fin de l'ouvrage le tableau comparatif des thermomètres centigrades et de Fahrenheit.

à la température moyenne, le volume total également ramené à la température et à la pression moyennes (816), après quoi, soustrayant du résultat le volume corrigé de la vapeur, l'on aura le volume corrigé du gaz à l'état sec. On a reconnu qu'un pouce cube de vapeur aqueuse permanente, ramené à la température de 60°, et à une pression moyenne de 30 pouces, pèse 0,1929 grains. Il est donc facile d'évaluer le poids d'un volume connu de vapeur aqueuse; ce poids étant soustrait de celui du gaz humide, donne le poids du gaz à l'état sec, dont le volume est également connu.

829. Pour éclaircir ce qui précède, supposons qu'un gaz, placé sur l'eau, ait été pesé comme nous venons de l'indiquer, et que 220 pouces cubes, à la température de 50° Fahr., et à la pression barométrique de 29,4 pouces, soient entrés dans le ballon et aient produit une augmentation de poids de 101,69 grains. En consultant la table on trouvera qu'à la température de 50°, le rapport de la vapeur aqueuse avec le gaz placé sur l'eau est ,01333, ce qui pour les 220 pouces cubes donnera à 2,933 pouces cubes, qui, ramenés à la température de 60°, donnent 2,942 pouces cubes. Le volume total ramené à la température et à la pression moyennes (817, 822), sera égal à 219,929 pouces cubes, et si l'on soustrait de ce nombre les 2,942 pouces cubes de vapeur aqueuse présente, il restera 216,987 pouces cubes pour le volume du gaz sec à la température et à la pression moyennes. 2,942 pouces cubes de vapeur aqueuse pèsent 0,5675 grains, car  $2,942 \times 0,1929 = 0,5675$  : ce poids soustrait de 101,69, poids total, laisse 101,1225 grains; ce qui est le poids des 216,987 pouces cubes de gaz sec. L'on trouvera donc, par une simple règle de proportion,

que 100 pouces cubes du même gaz, à l'état sec, pèsent 46,603 grains à la température et à la pression moyenne.

830. Il n'est pas nécessaire dans cette expérience que le ballon ou le flacon soient parfaitement épuisés d'air avant d'y admettre le gaz, il suffit seulement que la quantité de gaz qui entre, et l'augmentation correspondante de poids, soient bien connues. Par la même raison, l'on n'est pas obligé de remplir complètement le ballon, pourvu que la quantité de gaz que l'on y introduit soit évaluée d'après la graduation de la cloche. Lorsque le niveau est le même à l'intérieur et à l'extérieur, et que la quantité introduite dans le ballon n'éprouve plus aucun changement, l'on observe la température et la pression du gaz de la cloche, et la diminution qu'il a éprouvée. Il est indispensable, avant de commencer l'expérience, que la température du gaz sur l'eau ait été constante pendant un certain temps, et que le robinet soit bien fermé. S'il se manifestait ensuite une légère variation de température elle serait sans importance, pourvu que rien n'entrât dans le ballon ou n'en pût sortir avant la fin de l'expérience.

831. Quelques chimistes préfèrent ne prendre le poids du gaz qu'après l'avoir fait sécher, et par le fait ils pèsent ainsi un volume continu, non d'un mélange, mais de gaz pur. On connaît aujourd'hui plusieurs manières de sécher les gaz; une des méthodes consiste à les faire passer par un tube de verre, contenant des substances qui ont pour l'eau une grande affinité. C'est un procédé simple et utile; il est donc à propos de le décrire ici, bien qu'il ne puisse s'appliquer convenablement au mode de peser les gaz qui vient d'être

donné, parce que la quantité de gaz que l'on introduit est alors beaucoup plus difficile à mesurer.

Dans un tube d'environ un demi-pouce de diamètre sur deux pieds de longueur, on introduit un fil métallique tortillé que l'on adapte à l'une des extrémités pour retenir les fragmens solides que le tube doit renfermer; ayant fait chauffer, d'une autre part, dans un creuset de grès une certaine quantité de chlorure de calcium jusqu'à ce qu'il soit en fusion (il suffit pour cela d'une température au-dessous du rouge visible), on verse le chlorure liquide sur une surface métallique, ou sur une pierre propre, et aussitôt qu'il a été solidifié on le casse et on le met dans des flacons bouchés. Ce chlorure étant divisé en fragmens, on l'introduit rapidement dans le tube, jusqu'à ce que celui-ci en soit à peu près rempli; la communication entre le tube ainsi préparé et le vase contenant le gaz étant alors établie au moyen d'un tube de caoutchouc (416), ou de toute autre matière convenable, on y fait passer autant de gaz qu'il est nécessaire pour expulser complètement tout l'air atmosphérique avant de le fixer au ballon qui doit recevoir le gaz sec. L'on fait ensuite passer lentement le gaz, en donnant environ dix minutes et même davantage au passage de cent pouces cubes dans un tube tel que celui que nous venons de décrire.

832. Au lieu de chlorure de calcium, on peut employer de la potasse ou du carbonate de potasse fondu, mais on ne doit pas oublier que la potasse ordinaire qui a été fondue dégage en général un peu d'oxygène durant sa dissolution, ce qui peut quelquefois donner lieu à des erreurs. Le chlorure de calcium ne peut ser-

vir avec l'ammoniaque, le gaz sulfureux et quelques autres gaz acides. La potasse, au contraire, réussit parfaitement bien avec l'ammoniaque, mais non pas avec les gaz acides. L'acide sulfurique est pour plusieurs gaz un excellent moyen de dessiccation. On remplit de fragmens de verre ou de cristal de roche un tube courbé, et l'on y verse une portion d'huile de vitriol concentrée suffisante pour mouiller les fragmens sans obstruer le passage du gaz. On peut avec un tube ainsi disposé dessécher tous les gaz, excepté l'ammoniaque.

833. Toutes les fois que l'on se sert de tubes semblables pour sécher des gaz que l'on veut peser suivant la méthode que nous avons décrite, et qui par conséquent doivent être mesurés, il faut les tirer d'une cloche graduée. Après en avoir laissé échapper la quantité de gaz nécessaire pour chasser l'air atmosphérique, on fixe le tube à dessécher sur le vase dans lequel le vide a été fait, on égalise le niveau à l'intérieur et à l'extérieur de l'appareil, et l'on note la quantité de gaz contenu dans la cloche. Lorsque le ballon a été rempli et que la température intérieure est revenue au degré primitif, on observe de nouveau le gaz de la cloche, et l'on note la quantité qui est passée dans le ballon.

Il est évident, malgré ces précautions, que la quantité de gaz qui est entrée dans le ballon n'est point égale à celle qui est sortie de la cloche, puisqu'un certain volume de vapeur d'eau a été absorbé. Il faut alors déterminer la quantité absorbée, en constatant la température du gaz humide et ramenant son volume à la pression moyenne; consultant ensuite la table (1827), on trouve la proportion de vapeur qui existait dans le volume sorti de la cloche; on soustrait le nombre qui le représente; du volume total que l'on a corrigé, et le reste

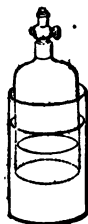
forme le volume du gaz sec qui est entré dans le ballon.

834. Des tubes semblables peuvent être employés pour dessécher les gaz dans une infinité d'autres circonstances. Il faut en avoir de différentes dimensions, les plus petits n'ayant pas plus de cinq à six pouces de longueur, et de demi pouce à un quart de pouce de diamètre. Pour les remplir, on étire à la lampe une des extrémités du tube, on y introduit la substance absorbante, puis l'on étire de la même manière l'autre extrémité. Il est aisé ensuite de sceller hermétiquement les ouvertures capillaires en les tenant un moment sur la flamme de la lampe. On conserve ces tubes en cet état jusqu'à ce qu'on veuille en faire usage, et pour cela il suffit d'en briser les extrémités, de manière à pratiquer de petits orifices; l'on adapte le tube à l'appareil au moyen d'un ajutage quelconque, et l'on y fait passer le gaz. Lorsque l'opération est terminée, et que le tube est démonté, on peut chasser le gaz intérieur à l'aide d'un soufflet, ou l'aspirer avec la bouche, en sceller les extrémités comme auparavant, et le conserver pour s'en servir dans une autre occasion. En ayant soin de prendre toujours les mêmes précautions l'on pourra se servir du tube à diverses reprises, jusqu'à ce que la propriété absorbante de la substance soit entièrement détruite. On peut, dans tous les cas, augmenter cette propriété en abaissant la température du tube, ce qui se fait de la manière la plus facile avec un tube courbé comme celui dont on a prescrit l'usage avec l'acide sulfurique (832), surtout si l'on plonge la partie recourbée dans un mélange de glace et de sel (421).

835. Lorsqu'on opère sur le mercure, on peut dessécher le gaz en plaçant préalablement sous la cloche une substance absorbante, comme le chlorure de cal-

cium, ou bien le faire passer, au travers d'un tube à des- sécher, dans une cloche graduée placée sur le mercure, d'où on l'introduira ensuite dans le ballon où l'on aura fait le vide, sans qu'il soit nécessaire, pour le mesurer, de faire aucune correction relative à l'influence de la vapeur d'eau.

836. On se sert avec avantage, pour la dessiccation de certains gaz, tels que le chlore, et pour des expé- riences très-déliçates, d'un bain d'acide sulfurique.



Cette opération se fait au moyen d'une cloche à robinet graduée, et d'un bocal ordinaire en verre, assez grand pour que la cloche puisse s'y mouvoir librement. On verse dans le bocal de l'acide sulfurique jusqu'à environ un pouce du bord, et y plongeant la cloche, elle se remplit d'acide pendant que l'air s'é- chappe par le robinet (714). Le gaz que l'on

veut sécher est alors introduit par le robinet, au moyen d'une communication quelconque établie avec l'appa- reil qui le dégage; et lorsqu'il est entré du gaz dans la cloche, à environ un pouce de profondeur, on dévisse la communication pour faire sortir avec le gaz l'air atmosphérique resté dans la garniture et le robinet, où l'acide n'a pas dû pénétrer. La communication étant ensuite rétablie, le gaz est introduit comme aupara- vant, et lorsque la cloche en est à peu près pleine on ferme le robinet, et on laisse le gaz pendant une heure ou deux en contact avec l'acide sulfurique. Pendant cet intervalle la cloche se soutient d'elle-même sur l'acide; mais si l'on craint qu'elle ne se renverse, on peut l'assejettir en plaçant un morceau de liège ou toute autre matière convenable entre elle et les parois du bocal. Lorsque le gaz est suffisamment sec, on le

transvase par le robinet, et on le mesure sur la graduation; après avoir mis l'acide sulfurique au même niveau à l'intérieur et à l'extérieur de la cloche.

Le gazomètre primitif à mercure de M. Clayfield, sans tubes, est un excellent instrument pour la dessiccation des gaz sur l'acide sulfurique, parce qu'il est entièrement en verre.

837. Au moyen des substances absorbantes dont on a fait mention, comme le chlorure de calcium, la potasse, le carbonate de potasse, et l'acide sulfurique, il n'est pas de gaz qu'on ne puisse dessécher, l'une de ces substances étant applicable lorsque l'autre ne l'est pas. Quelquefois encore on se sert, pour des opérations de longue durée, de chaux sèche placée dans des tubes, mais elle n'a aucun avantage, sur les corps qui précèdent, sinon d'être plus économique dans les expériences en grand.

838. Le docteur Thomson a publié un procédé extrêmement simple pour prendre le poids spécifique des gaz, qui mérite d'être décrit ici. Après avoir pesé aussi exactement que possible le ballon, ou le flacon muni de son robinet, on y fait le vide, puis on le pèse de nouveau. La perte de poids éprouvée est égale à la quantité d'air atmosphérique expulsé, et par conséquent plus, ou moins considérable suivant la grandeur du flacon ou la perfection avec laquelle le vide a été fait. On remplit ensuite le flacon du gaz dont on veut connaître la pesanteur spécifique (810). La seule précaution nécessaire, suivant le docteur Thomson, est de faire en sorte qu'aucune particule d'eau, ou de mercure (en supposant le gaz placé sur le mercure) ne s'introduise dans le flacon. Il est évident que le volume de gaz qui entrera dans le flacon sera préci-



ément égal au volume d'air atmosphérique qui en aura été préalablement expulsé au moyen de la machine pneumatique. Si donc on pèse alors le flacon rempli du gaz dont on veut connaître la pesanteur spécifique, l'augmentation de poids qu'il aura subie sera exactement le poids du gaz introduit. Ce poids, divisé par celui de l'air atmosphérique enlevé par la pompe, donne la pesanteur spécifique du gaz; celle de l'air étant prise pour unité; tout cela s'exécute sans qu'on soit obligé de rien mesurer, ou de faire aucune correction pour la température; ou la hauteur du baromètre; qui sont supposées rester invariables pendant le peu de temps que dure l'expérience.

839. Malgré la simplicité du principe sur lequel repose ce procédé, il exige cependant beaucoup de précautions sans lesquelles on serait souvent exposé à des erreurs graves. Il est d'abord indispensable qu'il ne reste dans le ballon aucune portion du gaz de l'expérience précédente; c'est pourquoi dès qu'une expérience est terminée il faut, avant d'en commencer une autre, faire plusieurs fois le vide dans le ballon ou le flacon, en y faisant chaque fois rentrer l'air atmosphérique.

840. Le poids du volume d'air atmosphérique introduit dans le ballon, à la même température et sous la même pression, varie en raison de son état hygrométrique; il faut, pour connaître sa véritable constitution à un instant donné, avoir recours aux observations et aux calculs hygrométriques. Les différences dans les quantités d'eau contenues dans l'air atmosphérique peuvent varier considérablement dans un espace de temps très-court, comme on peut s'en assurer en consultant les tables d'observation de M. Daniell.

841 et 842. Le procédé de M. Thomson exige nécessairement que le gaz soit à l'état sec; et si l'on prend également la précaution de dessécher l'air atmosphérique, l'on aura, par la comparaison des poids de l'air et du gaz, la pesanteur spécifique de ce dernier, sans qu'il soit nécessaire d'avoir égard à la pression ou à la température. Ainsi, supposons que le ballon, après qu'on y a fait le vide, ait perdu 45,28 grains, et que par l'introduction du gaz oxygène sec il ait gagné 50,7 grains,  $50,7 \div 45,28 = 1,1197$ , pesanteur spécifique du gaz oxygène, l'air atmosphérique étant pris pour unité. Supposons que l'expérience soit répétée avec le gaz acide sulfureux sec, que le ballon ait perdu par le vide 40,25 grains, et gagné par l'introduction de l'acide sulfureux 90,37 grains, alors  $90,37 \div 40,25 = 2,245$ , pesanteur spécifique de l'acide sulfureux, l'air étant pris pour unité.

843. Si le volume de gaz introduit a été mesuré préalablement (825), il pourra, sans inconvénient, être saturé d'humidité : il suffira seulement de connaître la température et la pression. On peut alors évaluer le volume de vapeur aqueuse introduit avec le gaz, en consultant la table (827, 828); faisant ensuite la correction de température, on peut également évaluer le poids de cette vapeur, et, en le soustrayant de l'accroissement du poids total, parvenir à connaître le poids du gaz sec introduit. Le poids de l'air soustrait du ballon étant diminué d'une quantité égale au volume de vapeur que renfermait le gaz, l'excédant sera le poids correspondant d'un volume d'air égal à celui du gaz sec, et en divisant ce dernier par le premier l'on aura la pesanteur spécifique cherchée. Le rapport en volume du gaz et de la vapeur qui s'y trouve mêlée, rapport

qu'il est indispensable de connaître pour la dernière partie de ce calcul, s'obtient en ramenant le volume total de gaz à la pression de 30 pouces, et en soustrayant ensuite le volume de vapeur.

844. Il vaut peut-être mieux, lorsque l'on suit cette méthode, que l'air et le gaz soient saturés de vapeur aqueuse, pourvu toutefois que l'on connaisse la température, et qu'elle soit la même pour l'un et pour l'autre. L'opération présente alors peu de difficultés; après avoir fait le vide dans le ballon ou le flacon, on le remplit d'air atmosphérique tiré d'un récipient placé sur la même eau que le gaz, puis on en fait la tare, et enlevant plus ou moins d'air à l'aide de la machine pneumatique ou de la pompe à main, on évalue la perte de poids, et l'on remplace l'air absorbé par le gaz; on observe ensuite la quantité introduite, et l'on pèse de nouveau. On se procure ainsi des volumes égaux d'air et de gaz humides, dont on connaît le poids et la température. D'après la quantité et la température de l'un ou de l'autre, le volume de vapeur aqueuse, qui est le même pour les deux fluides élastiques, peut être réduit à la pression de 30 pouces au moyen de la table (827). Il est facile d'évaluer le poids de cette vapeur, quand elle est ramenée à la température moyenne, et ce poids étant également soustrait des poids observés d'air atmosphérique et de gaz, laisse les poids effectifs de volumes égaux d'air et de gaz secs; la pesanteur spécifique en est alors facilement déduite, comme dans le cas précédent, au moyen d'une division.

845 et 846. Pour éclaircir ce procédé par un exemple, supposons que le ballon ait été rempli d'air sur la cuve à eau, qu'en cet état on en ait fait la tare, et qu'après y avoir produit le vide on ait trouvé une perte de

poids de 34,6 grains. Supposons qu'ensuite on ait introduit 112 pouces cubes de gaz saturé d'humidité, et que l'augmentation de poids ait été de 52 grains, le thermomètre de Fahr. étant à 52°, et le baromètre à 29,2 pouces. Le volume de la vapeur aqueuse à 52° est 0,01426, ce qui pour 112 pouces cubes donne 1,597 pouces cubes; cette quantité ramenée à la température moyenne = 1,623 pouces cubes, = 313 grains de vapeur aqueuse. En soustrayant également ce poids des poids de l'air et du gaz humides, il reste 34,287 grains pour le poids de l'air sec, et 51,687 grains pour le poids d'un volume égal de gaz sec. De cette manière les erreurs légères que l'on aurait commises en mesurant sont sans importance; mais il est indispensable que la température ne varie pas.

FIN DU PREMIER VOLUME.

---

## TABLE DES MATIÈRES

### CONTENUES DANS CE VOLUME.

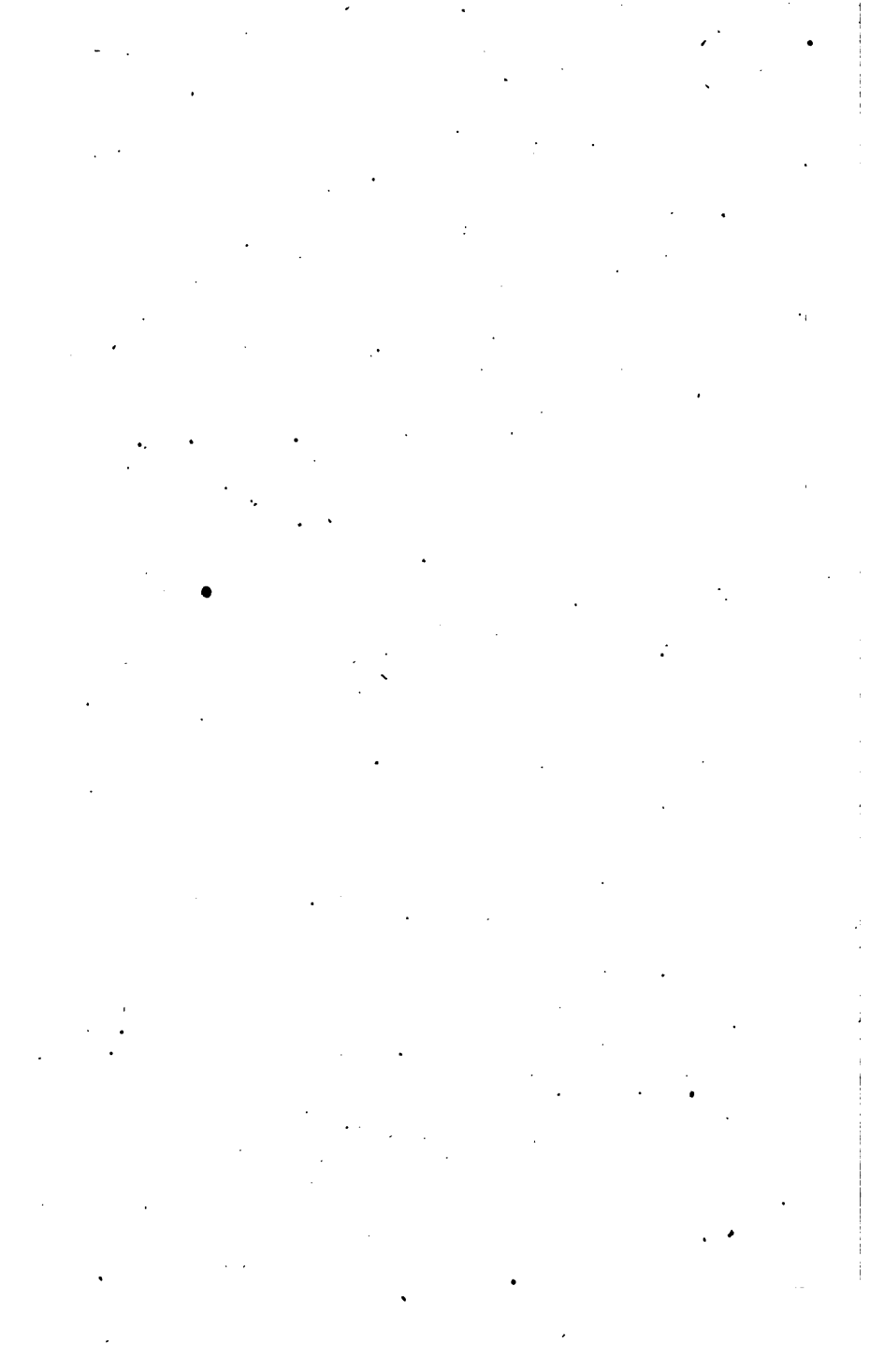
---

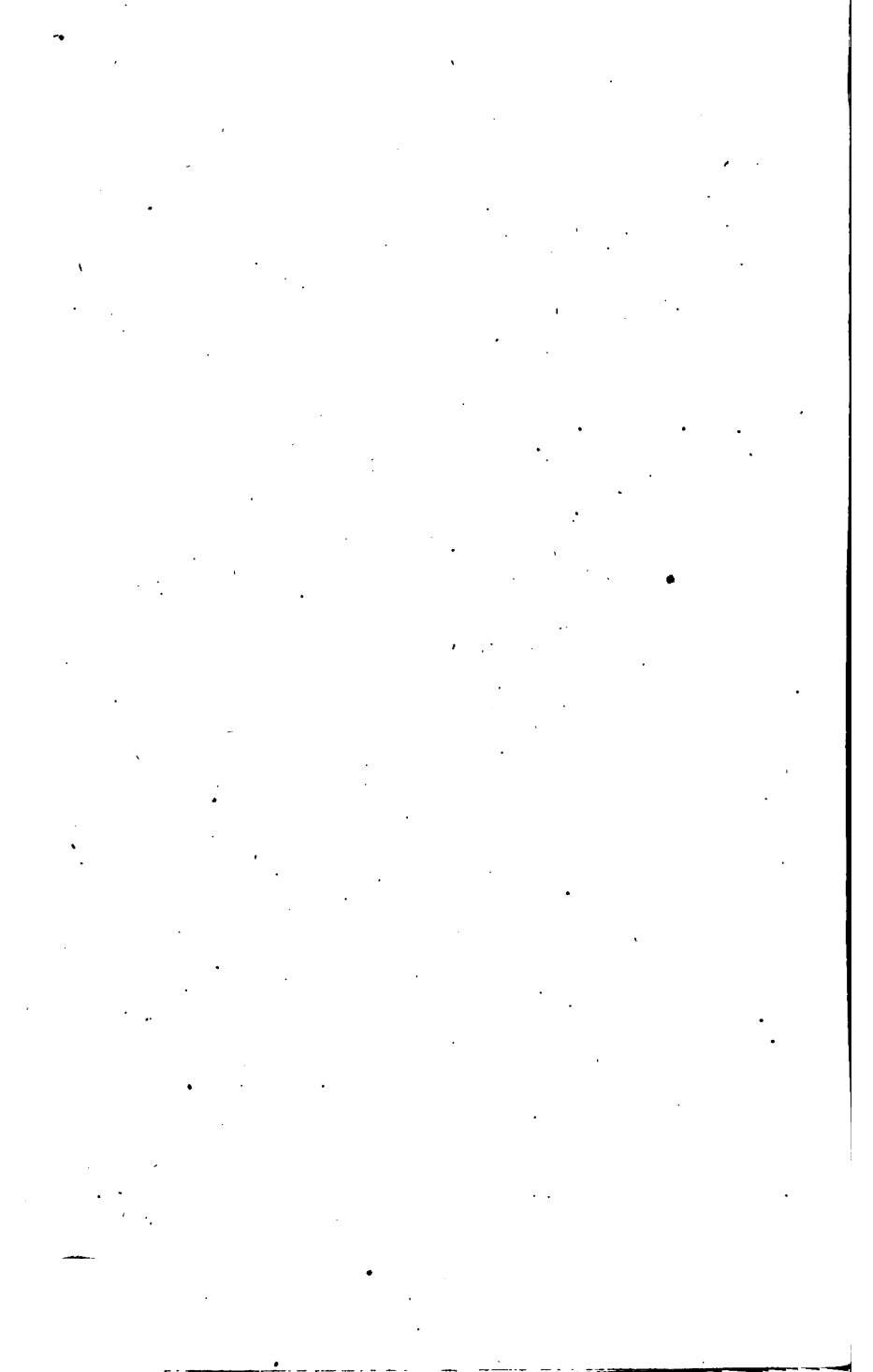
|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| AVANT-PROPOS. . . . .                                                                          | I   |
| INTRODUCTION. . . . .                                                                          | v   |
| SECTION I. Laboratoire. . . . .                                                                | 1   |
| SECTION II. Balance, pesage, etc. . . . .                                                      | 20  |
| SECTION III. Mesures, mesurage. . . . .                                                        | 78  |
| SECTION IV. Sources et emploi de la chaleur. . . . .                                           | 96  |
| SECTION V. DIVISION DES CORPS. Mortiers, tritura-<br>tion, granulation, précipitation. . . . . | 168 |
| SECTION VI. Dissolution, infusion, digestion. . . . .                                          | 184 |
| SECTION VII. Distillation, sublimation. . . . .                                                | 208 |
| SECTION VIII. De la précipitation. . . . .                                                     | 235 |
| SECTION IX. Filtration, décantation, lavage, sépa-<br>ration des liquides. . . . .             | 243 |
| SECTION X. De la cristallisation. . . . .                                                      | 257 |
| SECTION XI. Évaporation, dessiccation. . . . .                                                 | 268 |
| SECTION XII. Papiers réactifs colorés, neutralisation. . . . .                                 | 282 |
| SECTION XIII. Opérations dans les creusets, fusion,<br>réduction. . . . .                      | 295 |
| SECTION XIV. Opérations à l'aide de tube à fourneau. . . . .                                   | 312 |
| SECTION XV. Manipulation pneumatique, ou ma-<br>nière d'opérer sur les gaz.                    |     |
| § I. Cuves pneumatiques, cloches, etc. . . . .                                                 | 328 |
| § II. Manière de préparer et de recueillir les gaz. . . . .                                    | 336 |

§ III. Manière de mesurer les gaz. . . . . 348  
 § IV. Des vases destinés à conserver les gaz. . . 367  
 § V. Machines pneumatiques, pompes à main; opérations auxquelles elles servent. . . . 396  
 § VI. Correction du volume des gaz sous le rapport des différences de température et de pression. . . . . 406

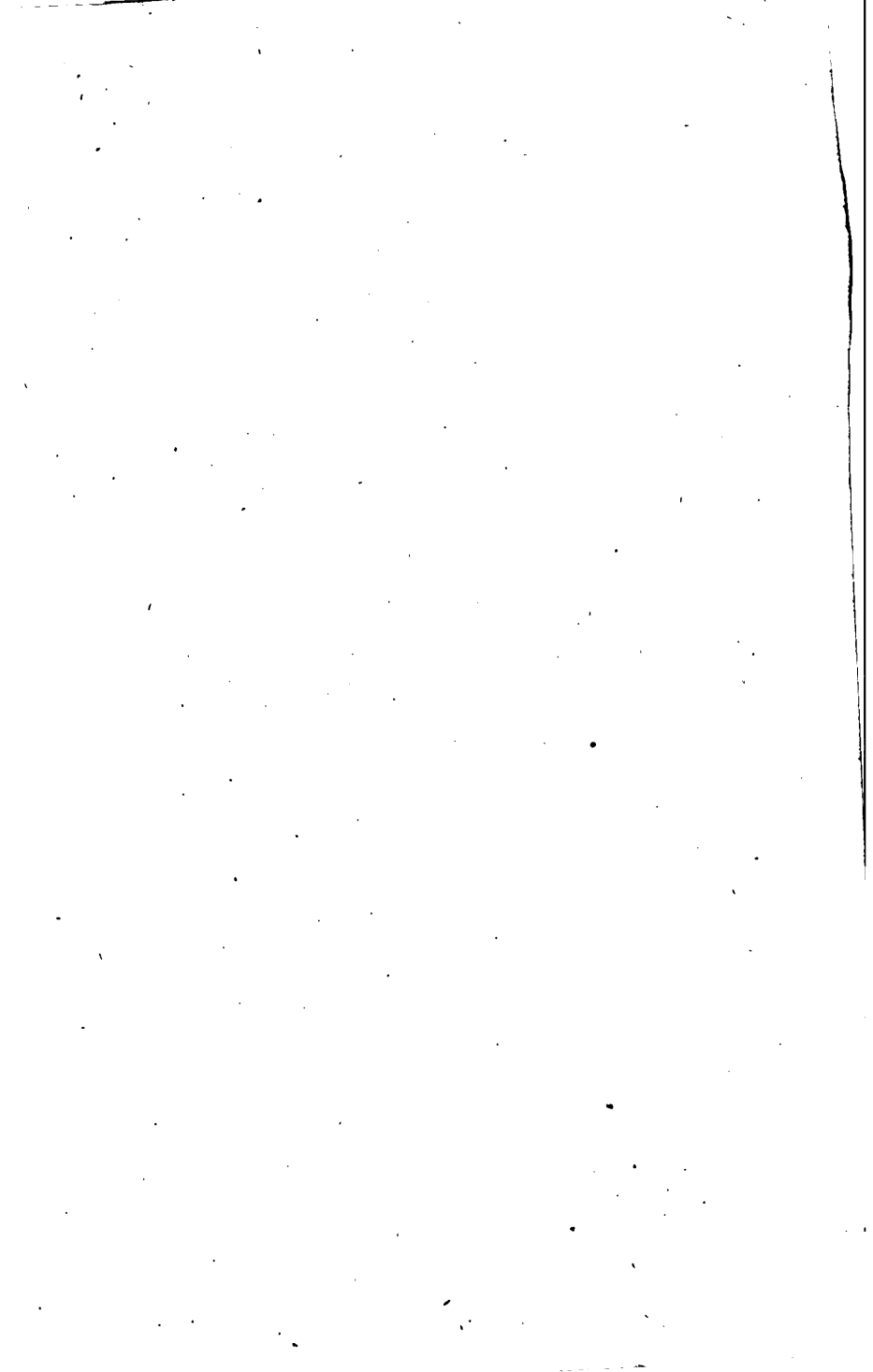
FIN DE LA TABLE DU PREMIER VOLUME.

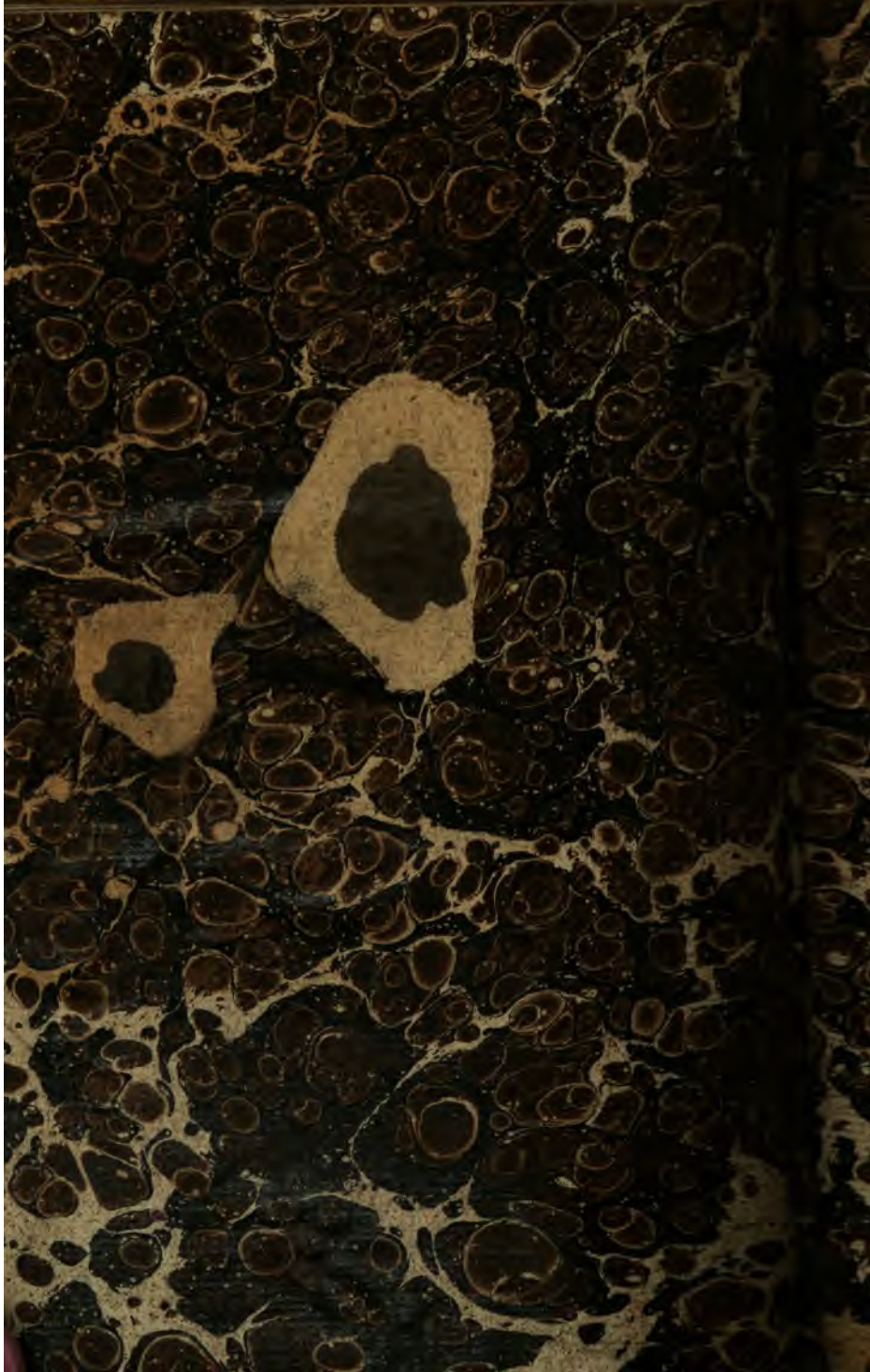
601 . . . . .  
 602 . . . . .  
 603 . . . . .  
 604 . . . . .  
 605 . . . . .  
 606 . . . . .  
 607 . . . . .  
 608 . . . . .  
 609 . . . . .  
 610 . . . . .  
 611 . . . . .  
 612 . . . . .  
 613 . . . . .  
 614 . . . . .  
 615 . . . . .  
 616 . . . . .  
 617 . . . . .  
 618 . . . . .  
 619 . . . . .  
 620 . . . . .











This book should be returned  
the Library on or before the last date  
stamped below.

A fine of five cents a day is incurred  
by retaining it beyond the specified  
time.

Please return promptly.



